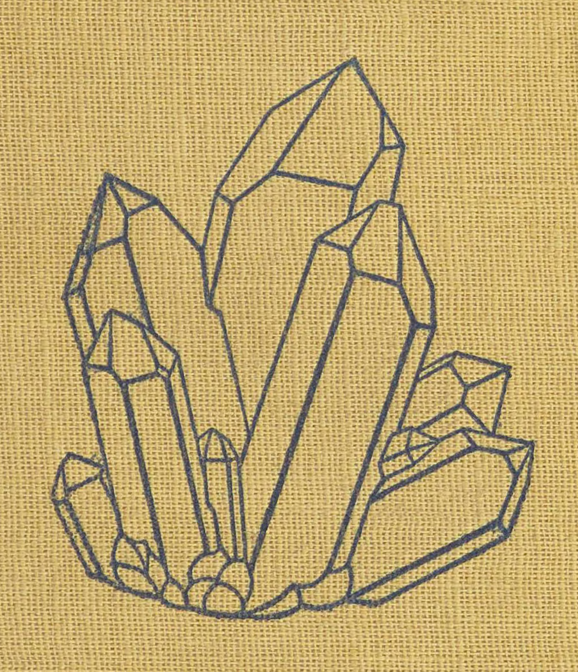
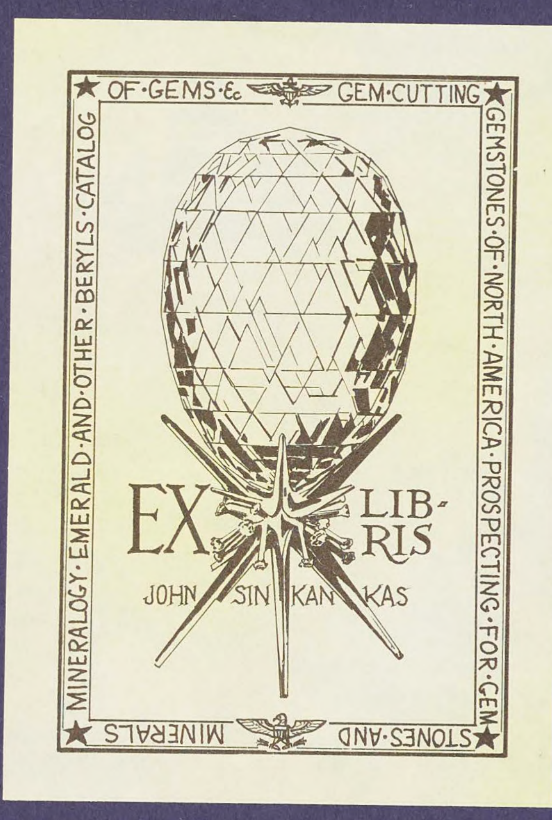
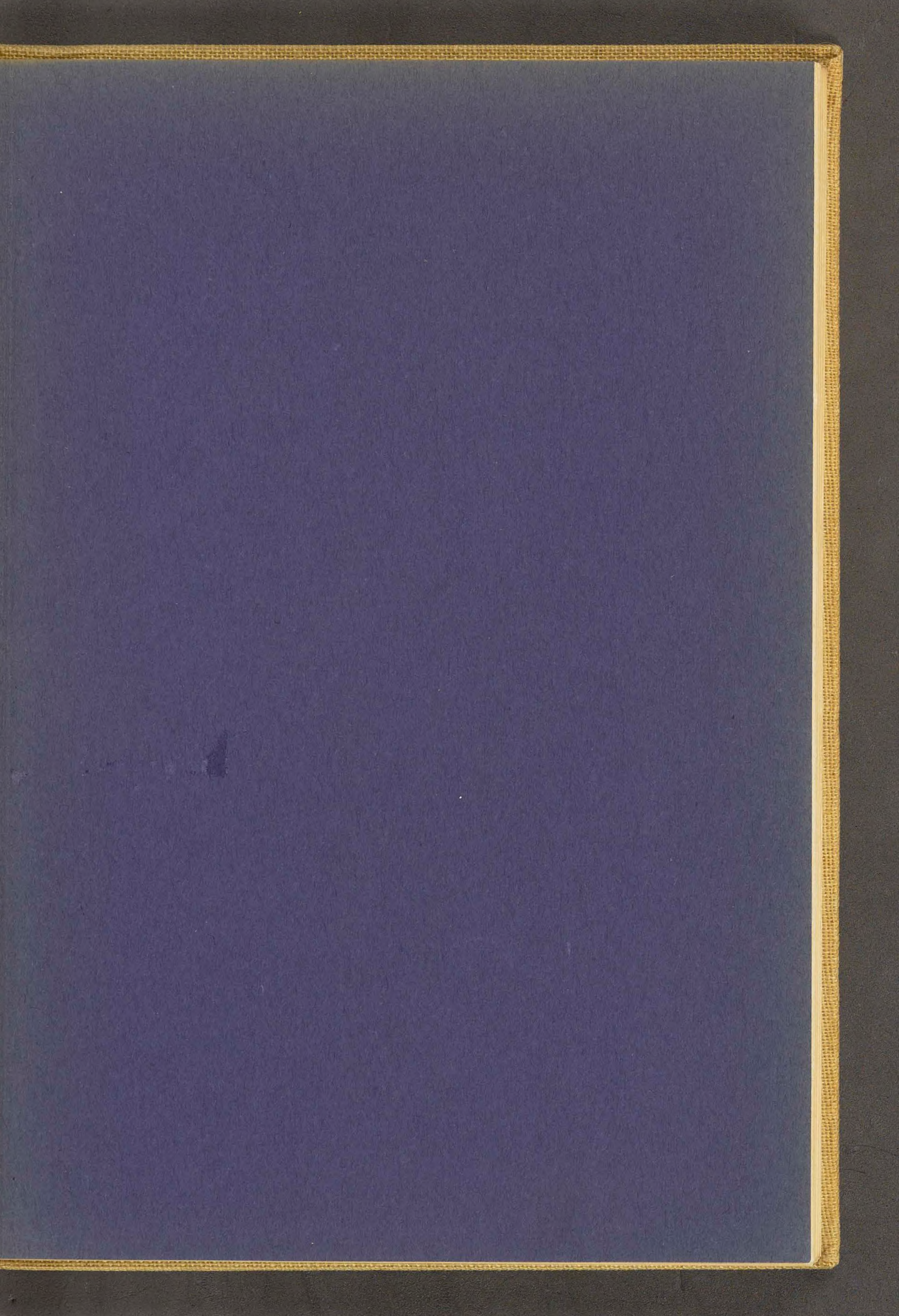
Leitfaden der Mineralogie

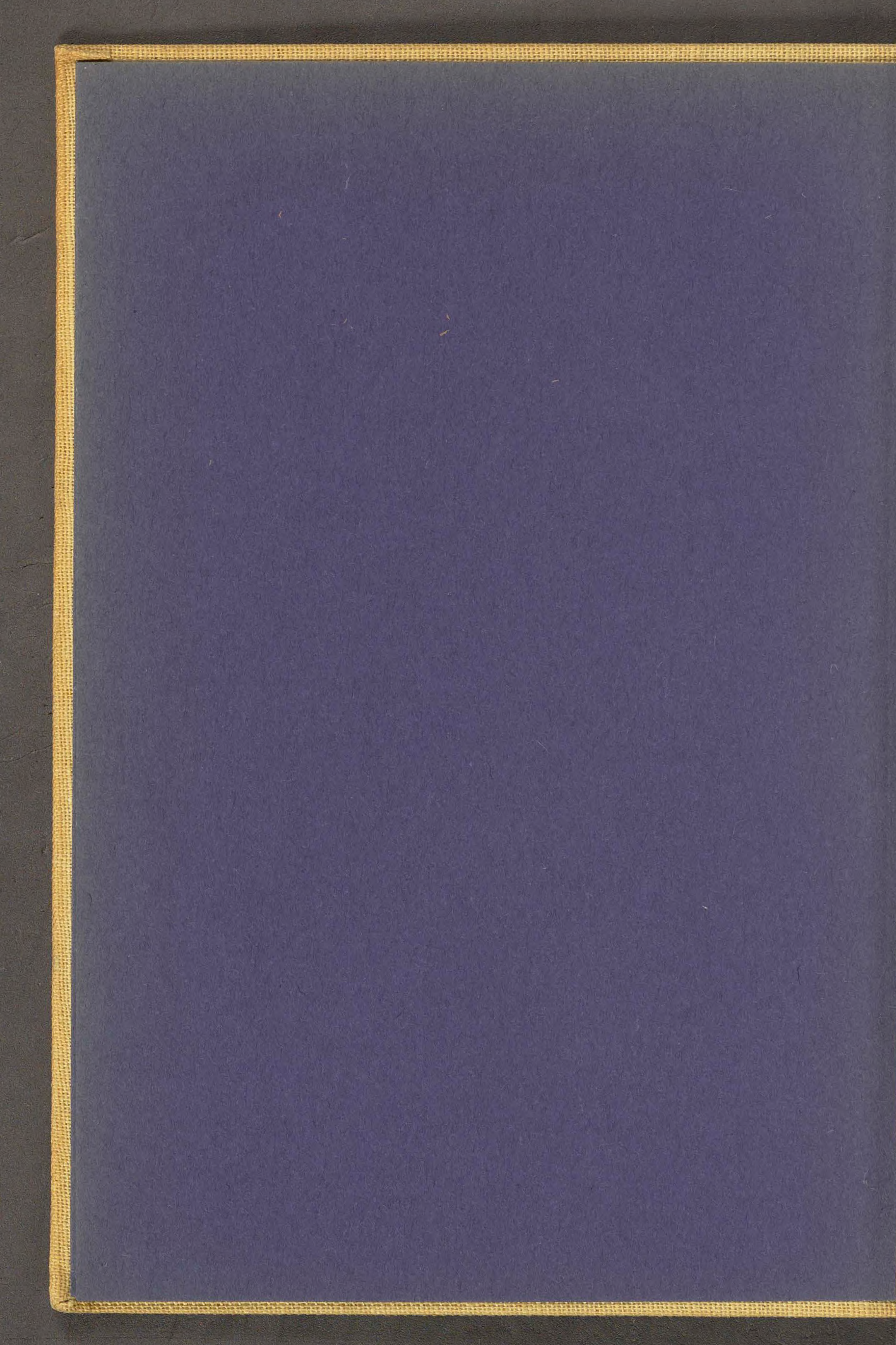


von

Julius Ruska


OF·GEMS·&c
GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND
MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIBRIS
JOHN SINKANKAS





Leitfaden der Mineralogie

Eine Einführung in das Verständnis der Erscheinungen und die Kenntnis der Gebilde des Mineralreichs

von

Dr. Julius Ruska
Professor an der Oberrealschule zu Heidelberg

Mit 9 Farbentafeln und 215 Abbildungen



1910
Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig

Buchdruckerei Julius Klinkhardt, Leipzig.

Vorwort.

Der Anregung, das Schmeilsche Unterrichtswerk durch Ausarbeitung einer für die gleiche Altersstufe bestimmten Mineralogie zu ergänzen, habe ich um so lieber Folge geleistet, als sie neue und bisher kaum ernstlich in Angriff genommene methodische Fragen auslöste und einen lange Jahre schon bestehenden Plan zur Reife brachte.

Der Mineralogieunterricht rechnet gewöhnlich mit älteren Schülern, denen die Grundlehren der Physik und Chemie vertraut sind, an die auch nach der mathematischen Seite des Gegenstands strengere Anforderungen gestellt werden können. In den meisten Fällen bildet er daher ein Anhängsel der Chemie und fristet als solches ein nicht eben beneidenswertes Dasein. In diesem Buche dagegen ist der Versuch gemacht, die Gestalten der Mineralien und die ihr Auftreten und ihre Zerstörung beherrschenden Gesetzmäßigkeiten jüngeren Schülern verständlich zu machen. Es setzt keinerlei mathematische Schulung oder chemische Vorkenntnisse voraus, führt aber Schritt für Schritt tiefer in den Gegenstand hinein. Welche neuen Wege hinsichtlich der Anordnung und Behandlung des Stoffes im einzelnen eingeschlagen wurden, ist in einem Begleitwort auseinandergesetzt; doch sei auch hier auf einen Hauptpunkt hingewiesen, in dem das Buch sich von andern mineralogischen Lehrbüchern unterscheidet: auf die rein anschauliche Behandlung der Kristallographie und ihre Verflechtung mit der Beschreibung der Mineralien. Möchte es gelingen, auf diesem ebeneren und gangbareren Wege dem reizvollen Gegenstande recht viele begeisterte Jünger und Freunde zuzuführen.

Auf die sachgemäße Ausführung der zahlreichen, den Text erläuternden Originalabbildungen ist vom Verlag besondere Sorgfalt verwendet worden. Den Abbildungen 88 und 89 haben Photographien aus Hellmanns Werk „Schneekristalle“ zur Unterlage gedient. Die Figuren 13, 19, 20, 21 sind nach Gürich „Das Mineralreich“ gezeichnet, das Klischee des Anlegegoniometers S. 137 ist von dem optischen Institut

Steeg & Reuter in Homburg in freundlicher Weise zur Verfügung gestellt worden. Die abgebildeten Mineralien entstammen zumeist der Privatsammlung des Verfassers und der Sammlung der Oberrealschule Heidelberg. Eine größere Anzahl wertvoller Objekte verdanke ich Herrn D. Blatz, Inhaber des Heidelberger Mineralienkontors, sowie Herrn Prof. Dr. V. Goldschmidt. Ihm bin ich auch für das wohlwollende und jederzeit hilfsbereite Interesse, welches er besonders der illustrativen Ausstattung des Buches widmete, Herrn Hofrat Prof. J. Henrici für die kritische Durchsicht des Manuskriptes, Herrn Lehramtspraktikant G. Junker für die eifrige Unterstützung beim Lesen der Korrekturen zu herzlichem Dank verpflichtet.

Heidelberg, Pfingsten 1909.

J. Ruska.

Inhaltsverzeichnis

zugleich

Übersicht der wichtigsten Gruppen des Mineralreichs.

DAS MINERALREICH.

Einleitung.

I. Was man unter Mineralien versteht.

1. Was ein Stein ist, glauben wir alle zu wissen oder wenigstens leicht feststellen zu können. Dennoch ist mancher Körper, den die gewöhnliche Sprache als Stein bezeichnet, kein Stein im Sinne der Naturgeschichte, und noch weniger können alle natürlich vorkommenden „Steine“ als Mineralien bezeichnet werden.

Mineralien nennt man alle Grundstoffe und chemischen Verbindungen, die als **unmittelbare Naturprodukte** auf der Erde gefunden werden und sich bei gewöhnlichen Temperaturen im festen oder flüssigen Zustand befinden.

Demnach sind die in der Natur auftretenden Gase wie Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Grubengas usw. nicht Gegenstand der Mineralkunde, so wichtig auch ihr Auftreten für die Entstehung der Mineralien ist. Aber auch Stoffe wie Eisen, Schwefel, Soda, Alaun usw. sind nur insofern Gegenstand der mineralogischen Betrachtung, als sie frei gebildet in der Natur vorkommen. Sind sie durch ein technisches Verfahren aus andern Naturprodukten (Erzen, Salzen usw.) gewonnen worden, so zählen sie nicht zu den Mineralien.

2. Besonders wichtig ist es, sich von Anfang an den Unterschied zwischen Mineral und Gestein einzuprägen. **Gesteine** heißen die ausgedehnteren Bestandmassen der festen Erdrinde. Manche Gesteine, wie Granit oder Basalt, sind gesetzmäßige Gemenge verschiedener Mineralien. Andere, wie Tonschiefer oder Kalksteine, erscheinen dem Auge als durchaus einheitliche Massen; wieder andere, wie die Sandsteine, verdanken der Zertrümmerung älterer Gesteine ihre Entstehung, oder bestehen wie Kohlen und Kreide aus Resten von Pflanzen oder Tieren. Als **Mineralien** dagegen werden diejenigen in der Natur auftretenden Körper bezeichnet, welche eine einheitliche chemische Zusammensetzung aufweisen. Mineralien können also, wenn sie große Massen bilden, selbst als Gesteine betrachtet werden — so treten Marmor, Gips, Steinsalz, Eisenerze als Gesteine auf; sie können in ganz bestimmter Mischung Gesteine zu-

sammensetzen — so besteht der Granit aus Feldspat, Quarz und Glimmer; sie können endlich unter den verschiedensten Umständen, aber stets abhängig von bestimmten Entstehungsbedingungen, in Klüften und Hohlräumen der Erdrinde als jüngere Bildungen auftreten.

3. Ausgeschlossen von der Mineralogie sind natürlich auch die zu Stein gewordenen Reste von Pflanzen und Tieren. Ihnen als den Urkunden einstigen Lebens gilt ein besonderer Zweig der Naturbetrachtung, die Versteinerungslehre oder Palaeontologie.

II. Vom Erkennen und Beschreiben der Mineralien.

1. Wie bei Tieren und Pflanzen, so genügen auch bei den Mineralien zum Erkennen einer Art in vielen Fällen schon einige unmittelbar in die Augen fallende Merkmale, wie Form, Spaltbarkeit, Farbe, Glanz usw. Da aber die Formen, unter denen ein und dasselbe Mineral in der Natur auftreten kann, außerordentlich viel mannigfaltiger und zugleich schwerer zu erfassen sind, als die Formen von Pflanzen und Tieren, so müssen häufig noch andere physikalische Eigenschaften und besonders die chemischen Eigenschaften als Hilfsmittel für das Erkennen der Mineralien benützt werden.

2. Die vollständige Beschreibung der Mineralien erfordert

a) die Untersuchung ihrer natürlichen Formen. Die Mineralien erscheinen entweder als ebenflächig begrenzte Körper, die man **Kristalle** nennt, oder sie bilden aus unvollkommen ausgebildeten Kristallen zusammengesetzte Massen, die **kristallinen Aggregate**, oder sie zeigen ganz unregelmäßig begrenzte, aber doch charakteristische Gestalten, die sogenannten **freien Formen.**

b) die Untersuchung ihrer physikalischen Eigenschaften, also die Bestimmung des spezifischen Gewichts, der Härte, der Schmelzbarkeit, der optischen, magnetischen, elektrischen Eigenschaften usw.

c) die Untersuchung ihrer chemischen Zusammensetzung und die Untersuchung der natürlichen Bedingungen ihrer Entstehung, Umwandlung und Zerstörung.

d) die Feststellung des Zusammenvorkommens mit andern Mineralien, die Aufzählung der wichtigsten Lagerstätten und Fundorte, bei technisch wichtigen Mineralien auch Angaben über die Gewinnung und Verarbeitung.

Die Kenntnis der Kristallformen ist für die Beschreibung der Mineralien und für das Verständnis ihrer übrigen Eigenschaften ebenso unentbehrlich, als die Kenntnis der Pflanzen- und Tierformen für den Botaniker und Zoologen die Grundlage zum Verständnis der Lebenserscheinungen ist,

Das wichtigste Ergebnis der Untersuchung der Mineralien ist die Erkenntnis, daß ihre kristallographischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften aufs engste miteinander zusammenhängen, daß

also, wie bei Pflanzen und Tieren vom Körperbau auf die Lebensweise, so bei den Mineralien von der Kristallform auf die physikalischen und teilweise auch auf die chemischen Eigenschaften geschlossen werden kann.

Bestimmung der Härte.

1. Eine zur Erkennung von Mineralien besonders häufig benützte physikalische Eigenschaft ist die Härte. Sie kann als der Widerstand bezeichnet werden, den ein Mineral beim Ritzen mit einem anderen, härteren Körper leistet. Für die Zwecke der Mineralbestimmung genügt es, die Härte des unbekannten Minerals mit der Härte bekannter Mineralien zu vergleichen. Als besonders brauchbar hat sich eine stufenweise geordnete Reihe von Mineralien erwiesen, die von dem Wiener Mineralogen Mohs angegeben wurde und als Mohs'sche Härteskala bekannt ist. Sie besteht aus den folgenden zehn Mineralien:

1. Talk,	6. Feldspat,
2. Steinsalz, Gips,	7. Quarz,
3. Kalkspat,	8. Topas,
4. Flußspat,	9. Korund,
5. Apatit,	10. Diamant.

Man sagt also, ein Mineral hat die Härte 2,5 oder 2 bis 3, wenn es das Steinsalz noch ritzt, aber vom Kalkspat geritzt wird. Gleich harte Mineralien ritzen sich gegenseitig. Die Härteunterschiede der letzten Glieder der Reihe sind aber viel größer als die der Anfangsglieder.

2. In vielen Fällen genügt eine noch einfachere und jederzeit zur Verfügung stehende Härteskala: der Fingernagel ritzt Mineralien bis zur Härte 2, eine Kupfermünze den Kalkspat, ein Messer den Flußspat, Fensterglas den Apatit, und die Mineralien von der Härte 7 an geben am Stahl Funken.

Bestimmung des spezifischen Gewichts.

1. Ein anderes wichtiges Kennzeichen der Mineralien ist ihr spezifisches Gewicht. Man versteht unter dem spezifischen oder Eigengewicht eines Körpers das Verhältnis seines Gewichts zu dem Gewicht der gleichen Menge Wasser. Da 1 Gramm das Gewicht eines Kubikzentimeters Wasser darstellt, so gibt die Zahl für das spezifische Gewicht zugleich das Gewicht eines Kubikzentimeters des Körpers in Gramm an.

2. Die spezifischen Gewichte reiner Substanzen sind unveränderlich, die der Mineralien schwanken nach dem Grade der Reinheit in gewissen Grenzen. Die Erze der schweren Metalle, meist Mineralien von metallischem Aussehen, haben hohe spezifische Gewichte (4 bis 8),

die andern Mineralien haben spezifische Gewichte, die bis 2,5 herabgehen. Leichter sind nur ganz wenige.

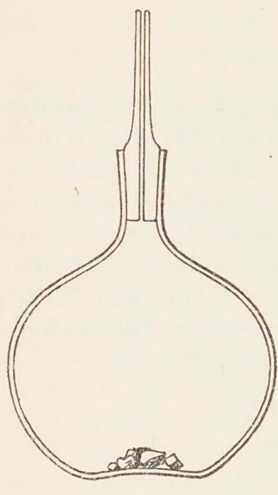


Abb. 1. **Ein Pyknometer.**

3. Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts benützt man am einfachsten das Pyknometer (Abb. 1). Es ist ein kurzhalsiges kleines Glaskölbchen, in das ein zu einer feinen Röhre ausgezogener Glaspfropf eingepaßt ist. Man füllt das Kölbchen mit Wasser (bis an eine Marke oder ans Ende der Röhre) und bestimmt sein Gewicht (P). Diese Zahl gilt ein für alle Mal. Dann wägt man einige Splitter des zu bestimmenden Minerals (M), bringt sie in das mit Wasser gefüllte Pyknometer (unter Vermeidung von Luftblasen!) und wägt dieses zum zweitenmal (P'). Das Gewicht der durch das Einwerfen der Mineralstückchen verdrängten, also an Volumen dem Mineral gleichen Wassermenge ist dann offenbar $W = P + M - P'$, und das spezifische Gewicht des Minerals $s = M : W$. Das Verfahren erläutern folgende

Beispiele: 1. Quarz von Lehesten (Frankenwald):

$$P = 73{,}84\,; \quad M = 2{,}29\,; \quad P' = 75{,}27\,.$$
$$W = P + M - P' = 0{,}86\,, \quad \text{also } s = 229 : 86 = 2{,}66\,.$$

2. Schwerspat von Wolfach (Schwarzwald):

$$P = 73{,}84\,; \quad M = 1{,}94\,; \quad P' = 75{,}33\,.$$
$$W = P + M - P' = 0{,}45\,, \quad \text{also } s = 194 : 45 = 4{,}41\,.$$

I. Klasse.

Einfache Stoffe oder Elemente.

1. Die Aufgabe, die Zusammensetzung der Körper zu ergründen, ist der Chemie erst durch Robert Boyle (1626—16[illegible]1) gestellt worden. Er bezeichnete die nicht weiter zerlegbaren Bestandteile der Körper als **Elemente** oder **Grundstoffe,** und suchte die Ursache ihrer Vereinigung zu neuen Körpern in einer besonderen Anziehung, der „chemischen Verwandtschaft“.

2. Inzwischen sind gegen 80 Elemente bekannt geworden. Viele davon sind selten, und auch die verbreitetsten pflegen nicht in freiem, unverbundenem Zustand auf der Erde vorzukommen. Zu diesen wenigen freien Elementen gehören außer einigen Gasen der Schwefel, der Kohlenstoff, die Edelmetalle, das Kupfer, das Quecksilber und die als Sprödmetalle bezeichneten Körper.

a) Nichtmetallische feste Elemente.

1. Der Schwefel.

A. Wozu der Schwefel gebraucht wird.

1. Vom Drogisten kann man sich Schwefel in drei verschiedenen Formen beschaffen: als *Stangenschwefel* in größeren, zylindrischen Stücken von zitronengelber Farbe, als pulverige gelbe *Schwefelblüte* und als feinstes, weißliches Mehl, als *Schwefelmilch*. Keine dieser Formen ist *natürlicher* Schwefel; alle sind aber aus natürlichem Schwefel oder aus Schwefelverbindungen gewonnen und finden zu den verschiedensten technischen Zwecken Verwendung.

2. *Geschmolzener Schwefel* dient wie geschmolzenes Blei zum Verkitten von Eisen und Stein. *Schwefelblüten* werden in großen Mengen verstäubt, um die Reben gegen den Traubenpilz zu schützen. *Schwefelmilch* ist zur Bereitung von Salben und Arzneien wichtig. — Von der leichten *Entzündlichkeit* des Schwefels wird bei der Fabrikation des Pulvers und zahlreicher Feuerwerkskörper Gebrauch gemacht. An den jetzt verbotenen Schwefelzündhölzchen diente er zur Übertragung der Flamme vom Phosphor auf das Holz. — Beim Ausschwefeln der Fässer und Einmachgläser und beim Ausbleichen von Obstflecken ist die Eigenschaft des durch Verbrennen von Schwefel sich entwickelnden *Gases* wirksam, Schimmelpilze und Fäulnisbakterien zu töten und organische Farbstoffe zu zerstören.

3. Noch vielseitiger ist die Anwendung des Schwefels in der Industrie: zur *Fabrikation* der Schwefelsäure und zahlloser anderer Schwefelverbindungen, in der Zelluloseindustrie, Kautschukfabrikation, Bleicherei usw. werden ganz gewaltige Mengen von Schwefel verbraucht.

B. Von seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Schon aus den alltäglichen Anwendungen des Schwefels ergibt sich die Kenntnis einiger seiner Eigenschaften:

1. Am *Stangenschwefel* beobachtet man leicht die *Härte* (um 2), den splitterigen Bruch, die Sprödigkeit, das seltsame Knistern des in der warmen Hand gehaltenen Schwefels, die elektrische Anziehung und Abstoßung leichter Körperchen (Papier, Hollundermark) durch den geriebenen Schwefel. Das spezifische Gewicht ist fast genau 2.

2. An *Schwefelblüte* beobachten wir das Verhalten gegen die Wärme. Erhitzt man einige Teelöffel davon im Probierglas über der Gasflamme, so beobachtet man sofort ein Dunklerwerden der Farbe nach Orange und dunklem Gelb, sehr bald auch die Verflüssigung. Gießt man den flüssigen Schwefel in Wasser, so verwandelt er sich in eine braune, kautschukartige Masse, die sich leicht in elastische Fäden aus-

ziehen läßt. Nach einiger Zeit werden sie spröde und nehmen die gewöhnliche Farbe wieder an.

Erhitzt man stärker, so bilden sich schwere gelbliche Dämpfe, die man auffangen kann: sie verdichten sich sofort wieder zu Schwefelblüten (Sublimation des Schwefels).

3. Schmilzt man eine größere Menge Schwefel in bedecktem Tiegel, wartet die Bildung einer Kruste ab und läßt den Rest des geschmolzenen Schwefels nach Einstoßen der Kruste ablaufen, so zeigen sich überall im Innern glänzend braune Nadeln von Schwefel. Man beobachtet hier die Bildung von Kristallen aus dem Schmelzfluß. Auch diese Kristalle nehmen nach einiger Zeit die gelbe Farbe an.

4. Verbrennung von Schwefel. Schmilzt man Schwefel in offenem Tiegel oder auf einem Eisenblech, so entzündet er sich von selbst und brennt mit spritzender, blauer Flamme. Die Verbrennung hört auf, wenn man die Luft absperrt. Die entstehenden Dämpfe haben einen stechenden Geruch und bewirken heftigen Hustenreiz. Ihre bleichende Wirkung (besonders auf blaue und rote Pflanzenfarben) kann man leicht beobachten, wenn man unter einer Glasglocke, die man über Blüten gestellt hat, etwas Schwefel anzündet.

Die stechenden Dämpfe sind nicht mehr Schwefel, sondern die Verbindung des Schwefels mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff. Sie werden gewöhnlich als „schweflige Säure“, genauer als Schwefeldioxyd bezeichnet.

C. Der Schwefel als Mineral.

1. Der größte Teil des Schwefels wird heute aus Schwefelkies, einer Verbindung des Schwefels mit Eisen (S. 42) gewonnen. Natürlicher Schwefel in abbauwürdigen Mengen ist viel seltener. Er findet sich besonders reichlich in Sizilien, von wo auch meist die herrlichen Kristalle der Sammlungen kommen.

2. Der **natürliche Schwefel** zeigt nicht die milchig gelbe Farbe und undurchsichtige Beschaffenheit des Stangenschwefels, sondern ist ein hellgelber bis kolophoniumbrauner, durchscheinender bis durchsichtiger, lebhaft glänzender Körper (Tafel I, Fig. 1). Gelegentlich kann die Farbe grünlichgelb, auch grau und blau werden; unreiner Schwefel ist undurchsichtig und von graubrauner Farbe. Die Sprödigkeit des natürlichen Schwefels ist so groß, daß wenn man ihn in die Hand nimmt, infolge der ungleichen Erwärmung seiner äußeren und inneren Teile unter lebhaftem Knistern Risse entstehen, die leicht zum Zerspringen des Stückes führen. Man muß sich daher hüten, durch unvorsichtiges Anfassen Kristalle in Gefahr zu bringen.

D. Die Kristallformen des natürlichen Schwefels.

1. Mit den nadelförmigen Kristallen aus dem Schmelzfluß haben die natürlichen Schwefelkristalle keine Ähnlichkeit. Am ehesten könnte man sie mit den großen klaren Kristallen von Kandiszucker vergleichen. Aber man würde vergeblich versuchen, Schwefel in Wasser aufzulösen, um daraus Kristalle zu erhalten. Die einzige Flüssigkeit, in der sich Schwefel leicht löst, ist der Schwefelkohlenstoff*). Aus einer solchen **Lösung** kann man durch langsames Verdunsten des Schwefelkohlenstoffs Kristalle erhalten, die vollständig mit den natürlichen Schwefelkristallen übereinstimmen. Sie haben anfangs die Form spitziger Doppelpyramiden von rhombischem Querschnitt (Abb. 2). Wenn sie weiterwachsen, treten an den spitzen Enden und an den Kanten neue Flächen auf. Zunächst werden die Pyramidenenden durch stumpfere Pyramiden ersetzt

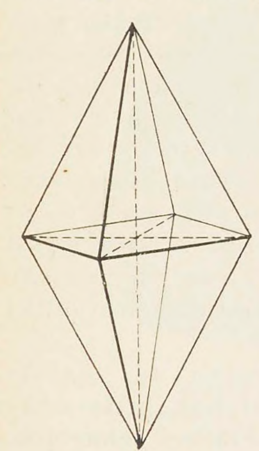


Abb. 2. **Grundform der Schwefelkristalle,** die man durch Auflösen von Schwefel in Schwefelkohlenstoff erhält.

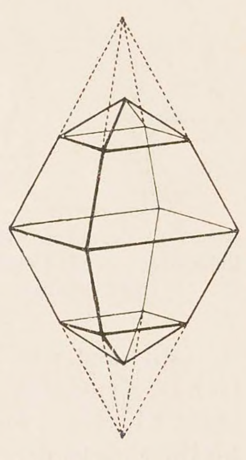
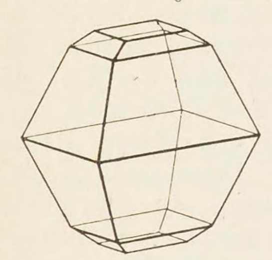
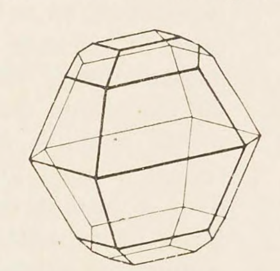


Abb. 3. **Schwefel.** Grundpyramide und stumpfere Pyramide.





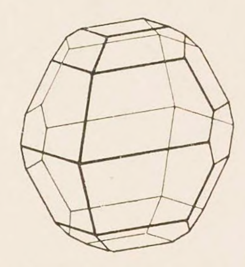


Abb. 4, 5, 6. **Flächenreichere Schwefelkristalle** (konstruierte Kristallfiguren).

(Abb. 3), dann erscheinen an Stelle der Spitzen die der Grundfläche parallelen Endflächen (Abb. 4), endlich beginnen an Stelle der längeren Pyramidenkanten Flächen aufzutreten, die die Kanten abstumpfen

---

*). Die Dämpfe des Schwefelkohlenstoffs sind feuergefährlich und ungesund, darum ist Vorsicht geboten! — Löst man Schwefelblumen (Umschütteln in verkorktem Kolben), so bleibt ein Bodensatz von unlöslichem Schwefel, den man abfiltriert.

(Abb. 5), zuletzt erscheint rechts und links ein Flächenpaar, das als Längsflächenpaar bezeichnet wird (Abb. 6).

2. **Erster Hauptsatz der Kristallographie.** Einem ungeübten Auge fällt es schwer, sich an den zahlreichen Flächen der Kristalle zurechtzufinden. Denn es schwanken nicht nur die Größenverhältnisse der genannten Flächen in weiten Grenzen, sondern auch die zusammengehörigen Flächen sind oft sehr ungleich, die Kristalle sind verzerrt (Abb. 7, 8). Diese Verzerrungen verschwinden, wenn man sich die gleichartigen Flächen **parallel zu sich selbst verschoben** denkt, bis sie die gleiche Entfernung vom Kristallmittelpunkt haben.

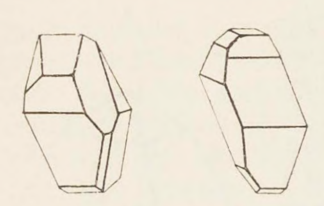


Abb. 7, 8. **Verzerrte Schwefelkristalle,** aus Schwefelkohlenstoff erhalten.

Mit anderen Worten: die Unregelmäßigkeiten der natürlichen Kristalle sind nur eine Folge der ungleichen Entfernung ihrer Flächen; **die Winkel, unter denen sich die Flächen schneiden, bleiben stets dieselben.**

Diese Grundeigenschaft der Kristalle wurde von dem dänischen Arzt Nikolaus Steno zuerst an den Quarzkristallen entdeckt und im Jahre 1669 bekannt gegeben.

3. **Grundform und Achsen.** Die rhombische Doppelpyramide (Abb. 2) heißt die Grundform der Schwefelkristalle. Man erhält ein Modell, indem man ein Netz aus acht Dreiecken von 43, 41 und 26 mm Seitenlänge (Abb. 9) zeichnet und zusammenklebt. An diesem Modell erkennt man deutlich, daß die Grundform durch drei aufeinander senkrechte Schnitte in je drei gleiche Hälften zerlegt werden kann. Diese sind also die drei Symmetrieebenen des Kristalls. Da alle Schnittflächen Rhomben sind, werden die Kristalle **rhombisch** genannt.

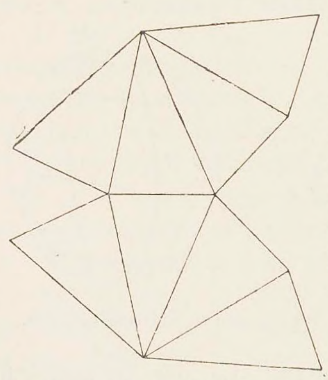


Abb. 9. **Kristallnetz** der Grundform des Schwefels.

Statt der Kantenlängen kann man auch die Entfernungen gleicher Ecken zur Bestimmung der Grundform benützen. Man nennt diese Linien die Achsen der Grundform; ihr Längenverhältnis ist beim Schwefel in runden Zahlen wie 8 : 10 : 19. Sie sind die Diagonalen der rhombischen Schnitte, schneiden sich also im Mittelpunkt des Kristalls unter rechten Winkeln (vgl. Abb. 2).

4. **Abgeleitete Formen. Zweiter Hauptsatz.** Alle anderen an Schwefelkristallen auftretenden Flächen heißen abgeleitete Formen. Als ein **zweites Grundgesetz** für die Bildung von Kristallen hat sich

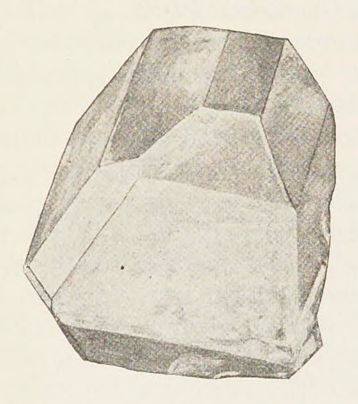


Abb. 10. **Schwefel** von Girgenti. Flächenreicher Einzelkristall.

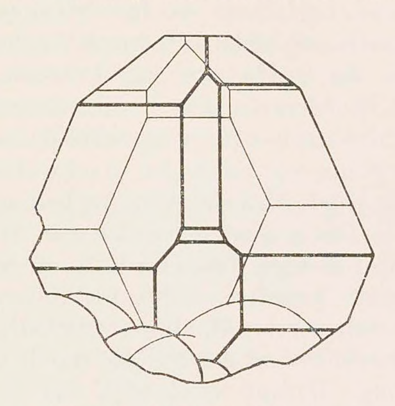


Abb. 11. **Seitenansicht** des in Abb. 10 dargestellten Kristalls.

ergeben, daß nur solche Flächen zur Grundform hinzutreten, die **keine Störung der durch die Grundform festgelegten Symmetrie** hervorbringen. Für die Schwefelkristalle bedeutet dies also, daß neue Flächen gleichzeitig oben und unten, oder rechts und links, oder hinten und vorn auftreten müssen.

Die Abbildungen 10 bis 12 mögen zeigen, in welcher Weise man sich an einem flächenreichen Kristall orientieren kann und in welchem Sinn die beiden Grundgesetze an dem Kristall verwirklicht sind. Abb. 10 gibt die natürliche Ansicht eines Schwefelkristalls, Abb. 11 die linke Seitenansicht mit der rechten kombiniert, um die Verzerrungen zu verdeutlichen, Abb. 12 den Grundriß (das „Kopfbild") desselben Kristalls mit Einzeichnung der horizontalen Achsen und des horizontalen rhombischen Schnitts.

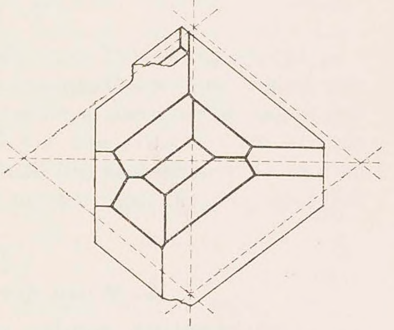


Abb. 12. **Kopfbild** des in Abb. 10 dargestellten Kristalls.

E. Vorkommen und Bildung des Schwefels in der Natur.

1. Als Bestandteil zahlreicher Mineralien (Sulfide S. 32, Sulfate S. 99) gehört der Schwefel zu den verbreitetsten Stoffen auf der Erde. Aber in gediegenem Zustand ist er infolge seiner Fähigkeit, überaus leicht mit Sauerstoff, Wasserstoff und Metallen Verbindungen zu bilden, verhältnismäßig selten. Sein Vorkommen erklärt sich

aus der Zersetzung schwefelhaltiger Verbindungen, die unter sehr verschiedenen Umständen erfolgen kann:

a) Aus Dämpfen von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff, wie sie in vulkanischen Gegenden aus dem Erdinnern emporsteigen, bildet sich durch Wechselzersetzung Wasser und Schwefel. So in der Solfatara von Pozzuoli, am Vesuv, am Aetna, in Island, Chile, Kalifornien usw. (vulkanischer Schwefel).

b) Unabhängig von vulkanischen Ausströmungen kann sich durch Mitwirkung von Bakterien in schwefelwasserstoffhaltigen Quellen Schwefel bilden (Badeschwefel von Aachen usw.).

c) Die großen Schwefellager Siziliens (Girgenti, Caltanisetta), die in Gips, Mergel, Ton und Kalk eingebettet und von Anhydrit, Coelestin, Aragonit begleitet sind*), verdanken wahrscheinlich dem Empordringen schwefelwasserstoffhaltiger Quellen und der Zersetzung des Schwefelwasserstoffs und der Sulfate durch organische Substanzen ihre Entstehung. Darauf weist auch das häufige Vorkommen von Asphalt und Petroleum mit Schwefel hin.

2. **Gewinnung.** Sizilien ist das wichtigste Produktionsland für den natürlichen Schwefel. Man gewinnt ihn hier durch Bergbau, trennt ihn durch Ausschmelzen vom Nebengestein und bringt ihn gereinigt als Stangenschwefel oder sublimiert als Schwefelblumen in den Handel. Jährlich werden über 500000 t ausgeführt.

2. Der Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff, das Element, welches den wesentlichsten Bestandteil des Holzes und die Hauptmasse der Kohlen ausmacht, ist wie der Schwefel durch das Vorkommen mehrerer Ausbildungsweisen ausgezeichnet. Die wichtigsten, der Graphit und der Diamant, haben trotz chemisch gleichen Verhaltens so verschiedene physikalische Eigenschaften, daß man sie als Mineralien durchaus von einander trennen muß.

I. Der Graphit.

A. Wozu der Graphit verwendet wird.

1. Bekanntlich werden unsere „Bleistifte“ aus **Graphit** hergestellt. Von dieser Verwendung hat das Mineral auch seinen Namen Graphit, d. h. Schreibstein, oder Reißblei (von reißen = zeichnen). An das Blei erinnert wohl der metallische Glanz und die grauschwarze Farbe des reinen Graphits, auch die Weichheit des Minerals. Es ist aber im Gegensatz zum Blei ein auffallend leichter Körper (spez. Gew. = 2,25, Blei = 11,3) und läßt sich weder schmelzen noch hämmern und walzen.

*) Über die Mineralien Gips, Anhydrit, Coelestin und Aragonit vgl. die betreffenden Kapitel dieses Leitfadens. Mergel sind kalkhaltige Tone.

Die Erfindung der Bleistifte ist um 1550 in England gemacht worden. Dort wurde zu Borrowdale in Cumberland reinster Graphit in so großen Stücken gewonnen, daß sie mit feinen Sägen in Tafeln und Stifte zerschnitten und unmittelbar in Gebrauch genommen werden konnten. Jetzt werden die Bleistifte aus einem Teig gepreßt, der aus sorgfältig gemischtem, feinstem Graphit- und Tonpulver hergestellt wird. Durch vorsichtiges Glühen in verschlossenen Tiegeln werden den Stiften die verschiedensten Härtegrade gegeben. Nürnberg und Wien sind Hauptsitze der Fabrikation.

Eine andere bekannte Verwendung des Graphits, besonders der geringeren Sorten, ist die zum Schwärzen der Öfen. Er eignet sich dazu, weil er leicht am Eisen haftet, durch Aufreiben metallischen Glanz erhält, gegen Hitze unempfindlich ist und durch vollkommenen Luftabschluß das Eisen vor dem Rosten schützt. Er wird aber in derselben Weise auch zum Schwärzen von Tonwaren und als Ölfarbe, und wegen seiner großen Weichheit (mit oder ohne Fettzusatz) als Schmiermittel für Maschinen verwendet.

2. Seiner Feuerbeständigkeit verdankt er die nach der Bleistiftfabrikation wichtigste Verwendung zur Herstellung von Tiegeln zum Schmelzen von Gold, Silber, Messing, Gußstahl usw. Weil diese Schmelztiegel besonders in der Umgebung von Passau hergestellt werden, sind sie unter dem Namen „Passauer Tiegel“ im Handel. (Man verwendet als Tiegelmasse ein Gemenge von 1 Teil feuerfestem Ton auf 3 Teile Graphit.)

Eine letzte Verwendung findet der Graphit in der Galvanoplastik, der Kunst, mittels des elektrischen Stroms Metalle auf andern, weniger wertvollen Metallen niederzuschlagen (galvanische Vergoldung, Vernickelung usw.) oder von beliebigen Formen metallische Kopien herzustellen. Die aus Guttapercha hergestellten Formen müssen durch einen Überzug erst für den Strom leitend gemacht werden, und als bestes Mittel hierzu hat sich der Graphit erwiesen.

B. Mineralische Eigenschaften und Vorkommen.

1. Die wichtigsten Eigenschaften des Graphits sind schon bei seinen Anwendungen erwähnt. Es ist nur noch anzufügen, daß er in Form kleiner sechsseitiger Täfelchen kristallisiert vorkommt, meistens aber schuppige, blätterige, auch stengelige Massen bildet, oder, wenn er mit viel Ton oder Eisen verunreinigt ist, erdige Beschaffenheit zeigt. Reiner Graphit ist lebhaft metallglänzend und wie alle metallglänzenden Körper vollkommen undurchsichtig. In der Flamme des Bunsenbrenners läßt er sich verbrennen: das Verbrennungsprodukt ist Kohlensäure.

2. Der Graphit ist als Gesteinsgemengteil in Gneisen, Glimmerschiefern und kristallinem Kalk*) weit verbreitet. Aber

*) Gneise sind schieferige Gesteine, deren wesentliche Gemengteile Feldspat, Quarz und Glimmer sind; in den Glimmerschiefern fehlt der Feldspat. Man nennt

nur an wenigen Orten ist er in solcher Menge im Gestein vorhanden, daß er abbauwürdige Lager und Nester bildet. Graphitlager dieser Art werden in stark verwitterten Gneisen in der Umgebung von Passau abgebaut; noch mehr Graphit produziert zurzeit Österreich (Böhmer Wald). Man vermutet, daß der in diesen Gesteinen enthaltene Kohlenstoff den Resten der ältesten Pflanzen entstammt, die bei der Umwandlung der ursprünglich tonig-kalkigen Gesteine in kristalline Schiefer zu Graphit wurden.

3. Graphit findet sich aber auch gangförmig, d. h. als Spaltenausfüllung in Granit, Porphyr und andern Gesteinen, von welchen man weiß, daß sie aus schmelzflüssigem Zustand erstarrt sind*). Besonders gehört der reinste und wertvollste Graphit hierher, wie ihn die erschöpften englischen und sibirischen Gruben lieferten, und wie er jetzt in großer Menge auf Ceylon gewonnen wird (jährlich etwa 400000 Zentner). Die Entstehung dieses Graphits durch vulkanische Vorgänge ist zweifellos, aber im einzelnen noch nicht aufgeklärt.

II. Der Diamant.

A. Der Diamant als kostbarster Edelstein.

1. Ein Straußenjäger entdeckte 1867 bei Hopetown am Oranjefluß den ersten südafrikanischen Diamanten als Spielzeug in den Händen eines Negerknaben. Für den Neger hatte der Diamant nicht mehr Wert und Bedeutung als irgend ein Kieselstein. Der Europäer erst gab durch seine Entdeckung den Anstoß zum planmäßigen Aufsuchen der kostbaren Steine und letzten Endes zu dem blutigen Krieg, durch den sich die Engländer in den Besitz des Burenlandes setzten.

2. Der Wert eines großen Diamanten hängt so sehr von seinen durch den Schliff erlangten Formen und Eigenschaften ab, daß keine allgemeinen Angaben möglich sind. Je vollkommener Form, Durchsichtigkeit und Farbenspiel sind, und je größer der Stein ist, desto höheren Wert hat das Karat, d. h. die Gewichtseinheit, die für alle Edelsteine im Gebrauch ist**). Bei den größten geschliffenen Steinen schwankt der Wert des Karats zwischen 10000, 20000 und mehr Mark, bei kleineren Steinen geht der Wert auf 1000 Mark (für 12karätige

---

diese Gesteine „kristalline Schiefer“, weil sie schieferiges Gefüge besitzen und aus deutlich erkennbaren, kristallisierten Mineralien zusammengesetzt sind. Zum „kristallinen Kalk“ gehört z. B. der Statuenmarmor.

*) Gesteine, die wie Lava aus Spalten der Erdrinde ausgeströmt und an der Oberfläche erstarrt sind, heißen Ergußgesteine; zu ihnen gehört z. B. der Porphyr. Sind sie im Erdinnern langsam fest geworden, so heißen sie Tiefengesteine; das bekannteste Beispiel ist der Granit.

**) Ein Karat ist nach jetziger Festsetzung = 0,2 g.

Steine erster Qualität) bis 200 Mark (für einkarätige geringe Steine) und weniger herab.

3. Die Eigenschaften, durch welche der Diamant seinen Wert als Schmuckstein erhält, sind

a) seine **Härte.** Der Diamant übertrifft alle andern Stoffe weitaus an Härte. Von dieser schon im Altertum bekannten Eigenschaft hat er seinen griechisch-lateinischen Namen Adámās, der Unbezwingliche, aus dem unser Wort Demant, Diamant entstanden ist. Seiner Härte wegen kann er nicht mit den für andere Edelsteine benützten Schleifmitteln, sondern nur mit Diamantpulver geschliffen werden.

b) Seine **optischen Eigenschaften.** Wichtiger als die Härte sind für den Wert des Diamanten die durch das Schleifen zur Entfaltung gelangenden Eigenschaften der Durchsichtigkeit, des Glanzes und der Lichtbrechung. Absolut farblose und vollkommen durchsichtige Steine heißen „vom ersten (reinsten) Wasser"; sie sind die wertvollsten. Schon Spuren einer Färbung beeinträchtigen den Preis; nur wenn der Stein eine reine und kräftige Farbe (rot, blau, gelb, grün) besitzt, wird er wegen der außerordentlichen Seltenheit des Vorkommens noch höher als ein farbloser Diamant geschätzt. — Glanz und Farbenspiel heißen das „Feuer" des Diamanten. Der durch das Schleifen und Polieren hervorgebrachte Glanz ist der höchste Grad des Glanzes, den durchsichtige Körper haben (Diamantglanz). Am wunderbarsten aber ist das Farbenspiel des Diamanten. Es wird durch Anschleifen kleiner Flächen (Facetten) hervorgebracht und hat seinen Grund darin, daß das durchfallende Licht sehr stark gebrochen und in Farben zerlegt wird. So erstrahlen die Facetten der Diamanten wie Tautropfen bei jeder Bewegung in neuen Farben.

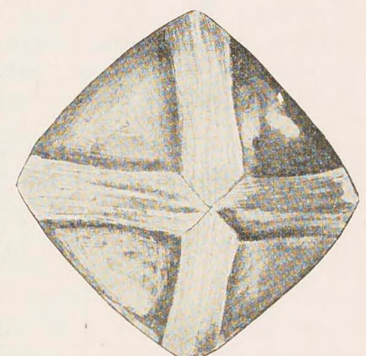


Abb. 13. **De Beers Diamant.** Natürliche Größe (428,5 Karat schwer).

B. Wie die Diamanten geschliffen werden.

1. Die Diamanten kommen in der Natur fast nur in Form von ringsum ausgebildeten Kristallen vor. Die einfachste und zugleich häufigste Kristallform ist das von acht gleichseitigen Dreiecken begrenzte regelmäßige Achtflach oder **Oktaeder** (Abb. 14). Man sieht leicht, daß dieser Körper sich nach allen sechs Richtungen des Raumes gleich verhält. Aber auch die in Abb. 15 und 16 dargestellten flächenreicheren Kristalle haben noch diese Eigenschaft. Sie werden deshalb

als **reguläre Kristalle** bezeichnet. Das Netz des Oktaeders ist in Abb. 17 dargestellt.

2. Rohes Anschleifen wurde im Orient schon in früherer Zeit geübt. Zu einer Kunst wurde die Diamantschleiferei in den Niederlanden aus-

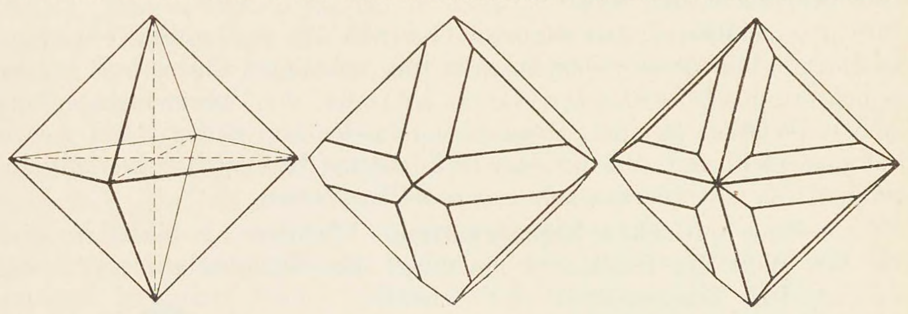


Abb. 14. **Das Oktaeder.** Grundform des Diamanten u. vieler andern Mineralien.

Abb. 15. Die Kanten des Oktaeders sind durch je **eine** Fläche ersetzt.

Abb. 16. Die Kanten des Oktaeders sind durch je **zwei** Flächen ersetzt.

gebildet, den der Natur des Steines am meisten entsprechenden Brillantschliff hat Mazarin unter Ludwig XIV. eingeführt.

Für die Zurichtung zum Schliff ist von größter Wichtigkeit, daß man durch geschickt

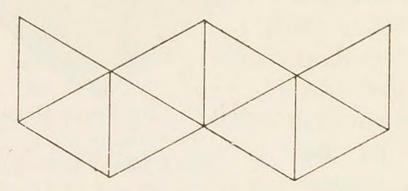


Abb. 17. **Netz des Oktaeders.**

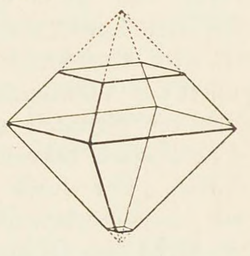


Abb. 18. **Zurichtung** eines Oktaeders zum Schliff.

geführte Meißelschläge auch aus unregelmäßig begrenzten Kristallen Oktaeder abspalten kann*).

Die Brillantform entsteht aus dem Oktaeder, indem zunächst von zwei gegenüberliegenden Ecken soviel entfernt wird, daß die Schauseite halb so hoch ist als das untere Stück (Abb. 18). Dann werden nach bestimmten Regeln die Facetten angebracht, durch welche das eindringende Licht soviel wie möglich gebrochen und in Farben zerlegt zurückgeworfen wird (Abb. 19, 20, 21).

Der Stein wird mit Schnellot in der näpfchenförmigen Vertiefung eines „Kittstocks" befestigt. Durch Schaben mit einem zweiten Diamanten werden

*) Außer dem Diamanten besitzt nur noch der Flußspat (S. 76) diese merkwürdige Art von Spaltbarkeit.

die gewünschten Flächen annähernd hergestellt. Diese dem Schleifen vorausgehende Arbeit heißt das Graumachen, weil der Stein dadurch einen grauen metallischen Schimmer erhält. Dann beginnt das eigentliche Schleifen, indem

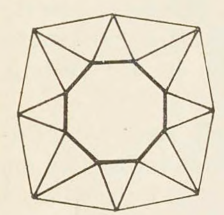
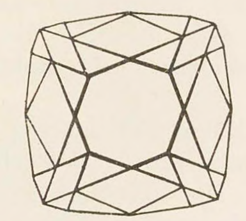
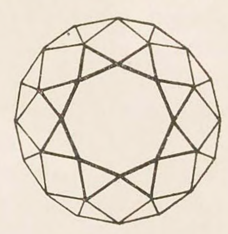




Abb. 19, 20, 21. **Wichtigste Schliffformen des Diamanten im Grundriß** (Schauseite).

der Stein in den jeweils erforderlichen Richtungen gegen eine rasch rotierende metallene Schleifscheibe gepreßt wird, die mit Olivenöl und Diamantpulver bestrichen ist, und schließlich wird in ähnlicher Weise das Polieren mit einem weichen Pulver (Zinnasche, Eisenoxyd) ausgeführt.

Der Hauptsitz der Diamantenschleiferei ist Amsterdam; für Deutschland ist besonders Hanau bei Frankfurt a. M. wichtig.

Technische Verwendung des Diamanten. Beruht der Wert des Diamanten als Schmuckstein in erster Linie auf den optischen Eigenschaften, so zieht die Technik aus seiner Härte Nutzen. Zum Glasschneiden werden allgemein Diamantsplitter verwendet. Es eignen sich aber nur Splitter mit einer natürlichen gerundeten Kante zu diesem Zweck. Zum Bohren von Gesteinen benützt man eiserne Röhren, die an ihrem verstärkten Ende mit Diamanten besetzt sind. Durch besondere Maschinen wird das Rohr in rasche Drehung versetzt, so daß es immer tiefer ins Gestein einschneidet. — Alle bei der Verarbeitung von Diamanten entstehenden Abfälle werden zur Herstellung von Diamantpulver benützt, das zum Schneiden und Schleifen anderer Mineralien und Gesteine dient.

C. Die Fundstätten der Diamanten.

1. Ältere Fundstätten. Die im Altertum und Mittelalter ausgebeuteten Diamantlagerstätten befinden sich sämtlich in Vorderindien. Man findet hier die Diamanten mit andern Edelsteinen in losen Flußgeröllen oder in uralten festen Geröllschichten, die über Granit und Gneis lagern. Aus der Zerstörung dieser Schichten gelangen die Steine in die Flüsse, aber ihre eigentliche Heimat muß im Granit und Gneis gesucht werden. Die Diamantgewinnung ist sehr zurückgegangen, da die meisten Lager schon abgebaut sind. Alle älteren großen Diamanten stammen aus Indien.

2. Im Jahre 1728 wurden in den Goldwäschen der brasilischen Provinz Minas Geraes nördlich von Rio de Janeiro Diamanten entdeckt. Auch hier finden sie sich in Flußsanden mit andern Edelsteinen,

mit Bergkristallen und Gold, dann in älteren hochgelegenen Geröllmassen, die hauptsächlich aus den Resten eines Quarzschiefers bestehen, der Itakolumit genannt wird. Es ist wahrscheinlich, daß sie Quarzgängen entstammen, die den Schiefer durchsetzten. Besonders merkwürdig und nur von hier bekannt sind die Carbonados, schwarze Diamanten, die wie die minderwertigen Rohdiamanten in der Technik Verwendung finden.

3. Weitaus die wichtigsten Fundstätten der Welt sind die südafrikanischen Diamantgruben in der Umgebung von Kimberley im ehemaligen Oranjefreistaat. Hier hat man 1870 auch das Muttergestein des Diamanten entdeckt, ein merkwürdiges vulkanisches Gestein, das trichterförmige Kanäle erfüllt, die in unbekannte Tiefe hinabreichen.

Zunächst war man darauf aufmerksam geworden, daß der Boden rundlicher Becken oder „Pfannen", die auf der Hochfläche von Kimberley in dunkelgraue Schiefergesteine eingebettet waren, Diamanten enthielt. Nach seiner Farbe bezeichnete man diesen diamantführenden verwitterten Boden als Gelbgrund. Als man tiefer ging, traf man das unveränderte Gestein, den Blaugrund, der jetzt regelrecht durch Bergwerksbetrieb abgebaut wird. In der Grube von Jagersfontein ist 1893 der Diamant „Excelsior" gefunden worden, eine längliche Masse von 8 cm größtem Durchmesser und 972 Karat Gewicht. Er war der größte aller Diamanten, bis man 1905 bei Johannisburg ein Stück von 3024 Karat Gewicht entdeckte. Dieser Riese von unermeßlichem Wert kam 1907 als Geschenk für Eduard VII. in den englischen Kronschatz; er ist in zwei Teile zerlegt worden, die für Szepter und Krone des Königs bestimmt sind. — Auch in Deutsch-Südwestafrika sind in letzter Zeit zahlreiche kleinere Diamanten von vorzüglicher Beschaffenheit gefunden worden; ob der Ertrag ein dauernder sein wird, muß die Zukunft lehren.

D. Natur und Entstehung der Diamanten.

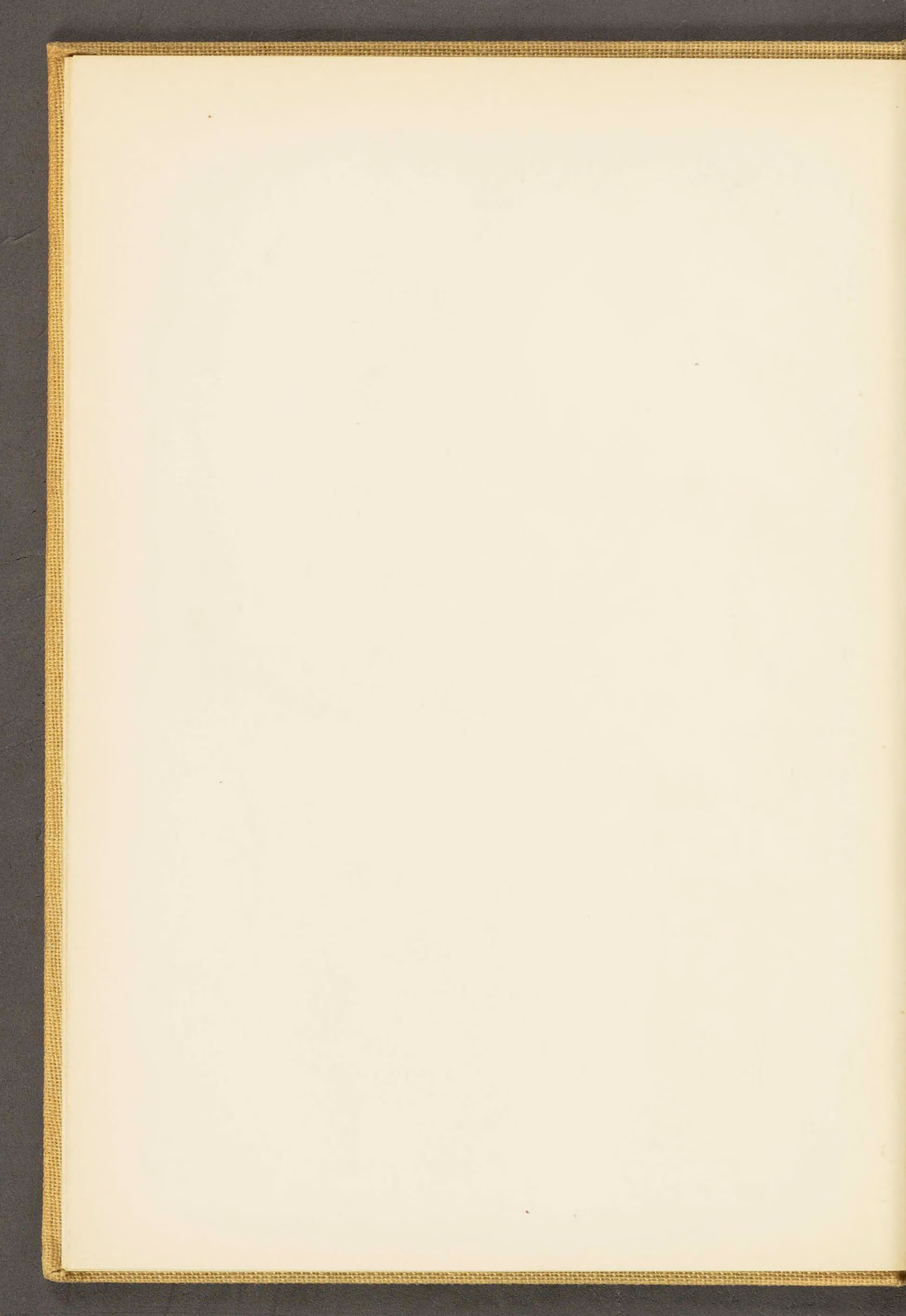
1. Die eigentliche Natur der Diamanten ist lange Zeit ein Rätsel geblieben. Man schrieb ihnen wohl eine „feurige und schweflige Natur" zu, und Newton schloß (unbegründeter Weise) aus der starken Licht-

---

Tafel I. Elemente.

1. **Gediegener Schwefel** von Girgenti (Sizilien).
   Eine Stufe von großen, dunkelgelben Kristallen, an denen die rhombischen Endflächen besonders stark entwickelt sind.
2. **Gediegenes Arsen** (Scherbenkobalt) von Andreasberg (Harz).
   Man erkennt deutlich den eigentümlich kugelschaligen Aufbau des Minerals.
3. **Gediegenes Gold** vom Schlangenberg (Altai).
   Das Gold sitzt zwischen Brauneisen (aus Pyrit entstanden) auf Quarz.
4. **Gediegenes Silber** von Freiberg (Sachsen).
   Drahtförmig-strähnig gewundene Stufe, grau und rötlich angelaufen.
5. **Gediegenes Kupfer** von Corro Corro Mine (Bolivia).
   Blechförmig, vielfach mit Kupferoxyd und Malachit bedeckt.
6. **Gediegenes Kupfer** vom Oberen See (Verein. Staaten).
   Bäumchenförmig angeordnete, verzerrte oktaedrische Kristalle.


1
2
3
4
5
6



brechung auf ihre Brennbarkeit. Aber erst 1694 wurde in Florenz ein Diamant mit Hilfe eines großen Brennspiegels wirklich verbrannt. Nachdem Lavoisier 1772 Diamanten im Sauerstoff verbrannt und das entstehende Gas als Kohlensäure bestimmt hatte, konnte an der Verwandtschaft des kostbaren Steins mit Kohle und Graphit kaum noch ein Zweifel sein. Der Nachweis, daß der Diamant nichts anderes als **reiner Kohlenstoff** ist, wurde endlich im Jahre 1814 von Humphry Davy erbracht.

2. Nachdem feststand, daß der Diamant eine eigentümliche Form des Kohlenstoffs ist, richteten sich die Bemühungen der Chemiker begreiflicherweise darauf, gewöhnlichen Kohlenstoff in Diamant umzuwandeln. Besonders ließ die Auffindung der ursprünglichen Lagerstätte der afrikanischen Steine in dem vulkanischen Gestein des Blaugrunds erwarten, daß die Diamanten unter hohem Druck aus kohlenstoffreichem Schmelzfluß ausgeschieden würden. Durch Herstellung ähnlicher Bedingungen ist es auch gelungen, Diamanten zu erzeugen, aber die Kristalle, die man bis jetzt erhielt, waren immer winzig und meistens schwarz, so daß die Herstellung künstlicher Steine einstweilen wenigstens ohne praktisches Interesse ist.

Verbindungen des Kohlenstoffs. 1. Aus den Resten von Pflanzen und Tieren gehen durch langsame Zersetzung kohlenstoffreiche Körper und chemische Verbindungen hervor, die bisweilen auch in der Mineralogie behandelt werden: der Torf (um 60 % Kohlenstoff), die Braunkohlen (70 % Kohlenstoff), die Steinkohlen (um 80 % Kohlenstoff) und der Anthracit (um 95 % Kohlenstoff).

2. Auch das Petroleum, ein Gemenge von Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff, ist ein Erzeugnis der Zersetzung organischer, insbesondere tierischer, fettartiger Stoffe. Aus dem Petroleum geht durch Aufnahme von Sauerstoff der pechschwarze, muschelig brechende Asphalt hervor.

3. Die Verbindungen der Kohlensäure mit Metallen, die Karbonate, bilden eine der wichtigsten Klassen von Mineralien; sie sind an der ihnen zukommenden Stelle ausführlich besprochen (S. 87—99).

b) Sprödmetalle oder Halbmetalle.

Als Sprödmetalle oder Halbmetalle bezeichnet man die drei Elemente Arsen, Antimon und Wismut. Alle kommen in der Natur gediegen vor, Arsen und Antimon werden aber hauptsächlich aus ihren Verbindungen mit Schwefel und mit Metallen gewonnen. — Sprödmetalle heißen sie, weil sie nicht wie die geschmeidigen (schmiedbaren) Metalle mit dem Hammer bearbeitet werden können, sondern leicht in Stücke springen, wenn sie gehämmert werden. Auch den Namen Halbmetalle führen sie mit Recht, denn sie stehen nach ihrem chemischen Verhalten zwischen dem Schwefel und den eigentlichen Metallen: mit dem Schwefel verbinden sie sich nach Art von Metallen, in ihren Verbindungen mit eigentlichen Metallen spielen sie die Rolle des Schwefels.

1. Das Arsen.

1. Das **gediegene Arsen** trifft man in Form von schwarzen, krummschaligen Krusten (vgl. Tafel I, Abb. 2) mit arsenhaltigen Erzen auf den Gängen*) des sächsischen Erzgebirges, im Harz, in Siebenbürgen. Sein spezifisches Gewicht ist nahezu 6, seine Härte 3—4. Schlägt man eine Probe ab, so zeigt die frische Bruchfläche eine hellgraue, metallisch schimmernde Farbe, die nach einiger Zeit wieder dunkler wird.

2. a) Um das Verhalten des Arsens in der Wärme zu untersuchen, nehmen wir eine kleine, im Achatmörser zerdrückte Probe und erhitzen sie in einem engen, unten geschlossenen Glasröhrchen. Das Arsen sublimiert, d. h. verflüchtigt sich, ohne vorher zu schmelzen, und bildet am oberen Ende des Röhrchens einen (von außen gesehen) metallisch glänzenden dunklen Beschlag, den sogenannten Arsenspiegel. Zugleich macht sich ein widriger, an Knoblauch erinnernder Geruch von giftigen Arsendämpfen bemerkbar.

b) Erhitzt man eine andere Probe in einer offenen, etwas weiteren und längeren Glasröhre, so daß ein Luftstrom durch die Röhre zieht, dann setzt sich kein metallisches Arsen, sondern die der schwefligen Säure entsprechende arsenige Säure in Form eines weißen Beschlags ab. Sie ist als eines der heftigsten Gifte unter dem Namen **Arsenik** bekannt und findet in der Medizin vielfache Verwendung.

An diesen beiden „Reaktionen" erkennt man nicht nur das Arsen, sondern auch viele seiner Verbindungen.

Verwendung. Das gediegene Arsen findet nur als Zusatz zum Blei bei der Schrotfabrikation Verwendung. Viel wichtiger ist die Gewinnung der Arsenverbindungen aus den arsenhaltigen Erzen. In erster Linie steht die Gewinnung des weißen Arseniks durch Rösten der Erze (Giftkiese). Andere Arsenverbindungen werden in der Feuerwerkerei und Färberei gebraucht.

Deutschland und England liefern das meiste Arsen.

2. Das Antimon.

1. Wie das Arsen, so kommt das **gediegene Antimon** gelegentlich als Begleiter seines wichtigsten Erzes, des Antimonglanzes (S. 33), auf Erzgängen vor. Es besitzt zinnweiße Farbe, kristallinen Bruch, ist sehr spröde und schmilzt schon bei etwa 450°. Wie vom Schwefel, so kann man vom Antimon aus dem Schmelzfluß Kristalle erhalten; sie besitzen würfelähnliche Formen. Wird das Metall weiter erhitzt, so verbrennt es unter Bildung eines dicken weißen Rauches von antimoniger Säure.

---

*) Gänge sind Spalten im Gestein, in denen nachträglich Mineralien abgesetzt wurden. Wenn die Gänge wertvolle Erze führen, werden sie als Erzgänge bergmännisch ausgebeutet (abgebaut).

Gewinnung. Antimon wird hauptsächlich in Frankreich und Algier, in Italien, Ungarn, Mexiko und Japan gewonnen. Man erhält das Metall, indem man durch Schmelzen des Antimonglanzes zunächst das „Rohantimon“ herstellt und aus diesem durch Erhitzen (Rösten) mit Salpeter und Holzkohle das metallische Antimon abscheidet.

Verwendung. Das reine Metall findet kaum Verwendung; um so wichtiger ist es als Zusatz zu andern Metallen, als Bestandteil von „Legierungen“. Wird es mit Blei zusammengeschmolzen, so entsteht eine leicht schmelzbare, aber harte Legierung, die sich als das vorzüglichste Material zur Herstellung der Buchdruckerlettern erwiesen hat (Letternmetall). Gewöhnlich wird zu vier Teilen Blei ein Teil Antimon und ein Teil Zinn genommen. Auch das Britanniametall enthält Antimon.

3. Das Wismut.

1. Das **Wismut** findet sich vorwiegend gediegen in Begleitung von Kobalt-, Nickel- und Silbererzen, aber auch für sich allein in derben oder federförmigen Massen in kristallinen Silikatgesteinen (Granit, Gneis, Glimmerschiefer).

2. Gediegenes Wismut ist rötlichweiß und lebhaft metallglänzend, häufig auch bunt angelaufen. Da es schon bei 265° schmilzt, kann es von der Gangart, d. h. den übrigen aus dem Bergwerk geförderten Mineralmassen, durch einfaches Ausschmelzen (Saigern) getrennt werden. Das meiste Wismut wird aber als Nebenprodukt bei der Verarbeitung anderer Erze gewonnen. Das Wismut selbst wird zur Herstellung leichtflüssiger Legierungen verwendet, von denen das Rosesche Metall (2 Wismut, 1 Blei, 1 Zinn, Schmelzpunkt 94°) und das Woodsche Metall (4 Wismut, 2 Blei, 1 Zinn, 1 Cadmium, Schmelzpunkt 65—70°) genannt sein mögen.



Abb. 22. **Federwismut.**

c) Eigentliche Metalle.

1. In gediegenem Zustand finden sich in der Natur nur wenige Metalle. Fast nur gediegen treten Platin und Gold auf. Silber und Kupfer kommen zwar in sehr erheblichen Mengen gediegen vor, aber bei weitem der größte Teil dieser Metalle wird aus Erzen gewonnen. Gediegenes Quecksilber trifft man in Form kleiner Tröpfchen auf Klüften und in Hohlräumen des Zinnobers. Gediegenes Eisen ist bis jetzt nur von einem einzigen Fundort in größerer Menge bekannt, wenn man von dem aus dem Weltraum auf die Erde gefallenen Meteoreisen absieht.

2. Die gediegenen Metalle sind meistens nicht chemisch rein, sondern enthalten andere Metalle. Sie bilden also natürliche Legierungen. Das Rohplatin enthält stets Eisen (5—15, ja 20%), außerdem die seltenen „Platinmetalle“ Iridium, Osmium, Palladium usw. Das Gold enthält stets Silber, der Gehalt daran kann auf mehr als 30% steigen; umgekehrt ist vieles Silber goldhaltig. Das Quecksilber findet sich bisweilen mit Silber zu einer silberähnlichen Legierung (Amalgam) verbunden vor. Das Meteoreisen ist reich an Nickel. Nur das gediegene Kupfer pflegt ganz rein zu sein.

1. Das Platin.

A. Entdeckung, Eigenschaften und Verwertung.

Fast gleichzeitig mit den Diamanten wurde in Südamerika auch das **Platin** entdeckt. Es fand sich in Form kleiner Flitter und Körner in den Goldsanden des Flusses Pinto bei Choco in Columbien und wurde von Antonio d'Ulloa, der 1735 die französische Gradmessungsexpedition nach Südamerika begleitete, beschrieben und nach Europa gebracht. Man gab dem neuen Metall wegen seiner grauweißen, silberähnlichen Farbe den Namen Platina (Silberchen, vom span. plata, Silber). Von praktischer Bedeutung wurde aber erst die Auffindung der Platinlagerstätten bei Nischne-Tagilsk im Ural (1824).

Eigenschaften. 1. Was verleiht nun diesem unscheinbaren Metall, abgesehen von seiner großen Seltenheit, seine Stelle unter den Edelmetallen? Der Umstand, daß es in der Natur nur in gediegenem Zustand auftritt, führt zur Beantwortung der Frage. Ein Metall, das nur gediegen vorkommt, ist unangreifbar für die in der Natur wirksamen chemischen Kräfte. Es kann wohl mechanisch zerkleinert und zerrieben, aber es kann nicht aufgelöst und in neue Verbindungen übergeführt werden.

Die Chemiker haben allerdings auch das Platin bezwungen. Dieselbe Flüssigkeit, die das Gold löst und darum den Namen „Königswasser“ führt (da man das Gold als den König der Metalle bezeichnete), ein Gemisch von drei Teilen Salzsäure mit einem Teil Salpetersäure, löst auch das Platin. Allen andern chemischen Angriffen widersteht es aber, und darum gebührt ihm wie dem Gold die Bezeichnung „Edelmetall“.

2. Das Platin zeichnet sich auch durch seine physikalischen Eigenschaften aus. Es ist der schwerste aller Körper, sein Eigengewicht ist über 20mal so groß als das des Wassers. Es ist ferner fast unschmelzbar; seine Schmelztemperatur liegt nahe bei 1800°, während Gold schon bei 1250, Silber bei 1000° schmilzt. Es ist endlich bedeutend härter als Gold und Silber und gleichwohl außerordentlich geschmeidig, so daß es sich in feinste Drähte ziehen und zu dünnen Blechen auswalzen läßt.

Verwertung. Diesen Eigenschaften verdankt das Platin seine große Bedeutung und vielseitige Verwendung in der Hand des Chemikers. Tiegel, Löffel, Bleche, Drähte u. dgl. aus Platin gehören zu den unentbehrlichsten Geräten in den Laboratorien; ihre Widerstandsfähigkeit gegen die höchsten Hitzegrade und jede Art chemischer Angriffe macht sie unersetzlich für chemische Untersuchungen.

B. Vorkommen und Gewinnung.

1. **Ursprüngliche Lagerstätte des Platins.** Nachdem man aus der Verteilung der Platinsande im Ural längst den Schluß gezogen hatte, daß der ursprüngliche Sitz des Platins in gewissen Serpentin- und Olivingesteinen (vgl. S. 122) am Oberlauf der platinführenden Flüsse zu suchen sei, entdeckte man das Metall in der Tat in chromeisenreichen Ausscheidungen dieser Gesteine. Aber diese ursprüngliche Lagerstätte erwies sich wegen der Seltenheit des Platins und der Härte des Gesteins als durchaus untauglich zum Abbau. Nur die aus der Verwitterung und Abtragung des Muttergesteins hervorgegangenen Sand- und Geröllmassen, die sogen. Platinseifen, kommen für die Platingewinnung in Frage.

2. **Entstehung der Seifen.** Alle auf oder nahe an der Erdoberfläche liegenden, aus der Zerstörung älterer Gesteine entstandenen Schutt-, Geröll- und Sandmassen, die Erze oder Edelmetalle in solcher Menge enthalten, daß sich ihr Abbau wirtschaftlich lohnt, werden als Seifen oder Seifengebirge bezeichnet. Sie sind fast überall die ältesten, und in neuentdeckten Ländern die ersten Stätten der Gewinnung von Gold, Edelsteinen und Erzen. Nicht nur die leichtere Art der Gewinnung dieser Stoffe aus lockerem, oberflächlich gelagertem Gestein, sondern auch ihr größerer Reichtum an diesen wertvollen Mineralien macht sie zu natürlichen Ausgangspunkten der Gewinnung. Woher aber dieser größere Reichtum der Seifen stammt, ist nicht schwer zu verstehen! Edelsteine sind durch ihre Härte, Platin und Gold sind durch ihre Zähigkeit gegen mechanische Zerstörung wie gegen chemische Einwirkungen besser geschützt als die gewöhnlichen Bestandteile der Gesteine. Verwittert also ein Gestein zu Sand und Grus, so verliert es nicht nur an sich einen Teil seiner Masse, sondern es werden auch durch das Wasser die erdigverwitterten Teile immer wieder fortgespült und die leichteren Mineralien viel rascher weggeführt als die schweren Erze. So vollzieht sich teils schon an den ursprünglichen Lagerstätten, teils an und in den davon ausgehenden Wasserläufen eine natürliche Trennung der Bestandteile und eine Anreicherung des Erzes. Am reichsten an Erzen sind die Seifen nahe ihrer Auflagerungsfläche auf festem Gestein (warum?).

3. **Gewinnung des Platins.** Das Auswaschen des Platins aus den Sanden ist nur eine Fortführung des von der Natur bereits eingeleiteten Trennungsprozesses. Es müssen aber immer noch ungeheure Massen Sandes verwaschen werden, um die spärlichen Mengen des darin enthaltenen Metalls zu gewinnen; denn 3000 kg Sand liefern erst 1 kg, etwa 50 ccm, Platin. Die Ausbeute betrug in letzter Zeit jährlich 5000 bis 6000 kg, der Preis des Kilogramms bis zu 5000 M. (1907); jetzt ist der Preis wieder auf 3000 M. zurückgegangen.

In Rußland wurden von 1826—1844 auch Münzen aus Platin geschlagen.

2. Das Gold.

A. Das Gold als ältestes, bekanntes Metall.

Das **Gold** ist uns in Form von Münzen (oder Goldbarren) als Wertmesser für alle irdischen Güter wohlbekannt. Aber lange bevor es zu dieser Rolle kam, hat es die Blicke der Menschen auf sich gezogen, und seine Kenntnis und Verwendung reicht bis in die ältesten Zeiten zurück. Das ist nicht schwer zu begreifen. Kein Metall ist so wie das Gold dazu angetan, die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken: seine prachtvolle Farbe, sein unverwüstlicher strahlender Glanz, seine große Schwere, seine außerordentliche Geschmeidigkeit, die eine leichte Bearbeitung gestattete, alle diese Eigenschaften mußten ihm schon frühe eine hohe Wertschätzung eintragen. Aber der Umstand, daß es in gediegenem Zustand weit verbreitet ist und daß es durch Auswaschen aus goldhaltigen Sanden der Flüsse so einfach zu gewinnen war, hat seine Aufsuchung und Ansammlung erleichtert. So sind denn, wo immer die Menschen zu höherer Kultur gelangten, stets auch ungeheure Mengen von Gold angehäuft und zu Schmuck und Prunkgeräten, zur Ausstattung von Palästen und Tempeln verarbeitet oder als Tauschmittel für andere Kostbarkeiten verwendet worden.

B. Die wichtigsten Goldländer und die Goldausbeute der letzten Jahrhunderte.

1. Das älteste Goldland ist Afrika. Aus Nubien erhielten die Ägypter, aus Ophir (wahrscheinlich Südostafrika) Salomo und Hiram ihre Goldschätze. Unglaubliche Mengen Gold waren an den Königssitzen der babylonischen, assyrischen, persischen Reiche aufgehäuft. Zur Römerzeit waren Spanien und Gallien, im Mittelalter Kärnten, Salzburg und Böhmen die goldreichsten europäischen Länder. Bekannt ist, daß auch im Rhein noch vor einigen Jahrzehnten Gold gewaschen wurde (Münzen aus Rheingold).

2. Neue Goldquellen öffneten sich durch die Entdeckung Amerikas. Nachdem Columbus 1492 bei den Eingeborenen von Guanahani Gold

gesehen hatte, führte die Habsucht die Spanier bald zu weiteren Entdeckungen und Gewalttaten in Mexiko und Peru. Aus Japan holten die Portugiesen und Holländer im 16. und 17. Jahrhundert Gold, Brasilien war das Hauptgoldland des 18. Jahrhunderts. Im Jahre 1848 wurden die kalifornischen Goldfelder entdeckt, ziemlich gleichzeitig auch die australischen. Gewaltige Mengen Gold und Silber liefert der Bergbau in Nevada. Erst 1884 wurden die großen kapländischen Lagerstätten und 1897 die Goldseifen am Yukon (Klondike) in Angriff genommen. Einer der größten Goldproduzenten ist heute Rußland (Ural, Altai, Ostsibirien), auch in Ungarn und Siebenbürgen besteht seit uralten Zeiten Goldbergbau.

3. Durch die vielen neuen Entdeckungen hat sich die Goldproduktion gegen früher außerordentlich gesteigert. Während die jährliche Ausbeute zu Anfang des 16. Jahrhunderts etwa 6000 kg, um 1700 das Doppelte und um 1800 das Dreifache betrug, wurden um 1850 schon 200000 kg und 1900 nahezu 400000 kg im Werte von über einer Milliarde Mark gewonnen. Der Preis für das Kilogramm Gold ist seit 1800 annähernd derselbe geblieben, indem er in geringfügigen Beträgen um 2780 Mark schwankte. Da die Produktion des Silbers noch stärker zugenommen hat, ist das Wertverhältnis beider Metalle, das lange 1:16 gewesen war, jetzt auf 1:37 herabgesunken.

C. Vorkommen und Gewinnung des Goldes.

I. Gold auf sekundären Lagerstätten: Seifengold, Waschgold.

1. Der Name „Goldfelder“, der für die wichtigsten Fundstätten im Gebrauch ist, sagt schon, daß das Gold häufig in oberflächlich ausgebreiteten Geröllablagerungen, in Kiesmassen und Flußsanden gefunden wird, in denen es sich in derselben Weise angereichert hat, wie dies beim Platin bereits beschrieben wurde. Es findet sich wie dieses in Form feinster Stäubchen, Flitter und Körnchen; doch kommen auch größere rundliche oder lappige Massen und selbst Klumpen von vielen Kilogramm Gewicht gelegentlich vor.

2. Das Auswaschen des Goldes aus den Sanden durch Wasser ist die älteste Art der Gewinnung. (Deshalb sind auch die Goldseifen auf dem Boden der alten Kulturländer längst ausgebeutet, und neue Funde werden nur in Gegenden gemacht, die von Europäern noch kaum betreten sind.) Ursprünglich benützte man beim Waschen flache Schüsseln, in denen die im Sand enthaltenen schweren Goldflitter durch fortgesetzte Stöße nach der tiefsten Stelle getrieben werden, dann geneigte Tröge, die „Waschherde“ mit Querleisten, hinter denen sich das Gold ansammelt, und andere Apparate. Die zu Konglomeraten verkitteten Goldseifen in Kalifornien wurden durch mächtige Wasserstrahlen aufgelockert und losgespült, aber die durch das Wasser angerichteten Verwüstungen brachten solchen Schaden, daß das Verfahren verboten wurde.

II. **Gold auf primärer Lagerstätte: Berggold.** 1. Das Gestein, in dem das Gold ursprünglich enthalten ist, das daher auch den Hauptanteil der Geröll- und Sandmassen bildet, ist der Quarz. Er durchsetzt in Form von Gängen das ältere Gebirge oder bildet linsenförmige Einlagerungen zwischen dessen Schichten. Das Gold tritt stets zusammen mit Schwefelkies in den Quarzen auf. In den oberen Teilen der Gänge ist der Schwefelkies zu Brauneisen verwittert und das Gold sitzt in gediegener Form in dem Brauneisen und dem zerfressenen Quarz (Tafel I, Fig. 3). Aus der Zerstörung dieser oberflächlichen Zone gehen die Goldseifen hervor. In den tieferen Teilen ist das Gold im Schwefelkies enthalten, so daß es nicht unmittelbar gewonnen werden kann. Die Ausbeutung der Gänge geschieht durch Bergbaubetrieb.

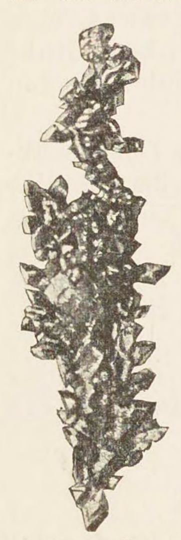


Abb. 23. **Gold.** Mitte blechförmig, am Rand Kristalle. Vergr. 3 : 2.

Auch der Goldbergbau ist uralt. Heute sind besonders Nordamerika und Südafrika (Johannesburg in Transvaal) Sitze eines ausgedehnten Bergbaus. Die goldführenden Quarze werden in riesigen Pochwerken zu Pulver zermalmt, das gediegene Gold durch Quecksilber aufgenommen (Amalgamationsverfahren) und aus dem Amalgam durch Glühen wieder ausgeschieden, den goldhaltigen Schwefelkiesen wird das Gold durch Chlor oder Cyankaliumlösungen entzogen.

2. Das Berggold ist meistens im Quarz so fein verteilt, daß es nur mit bewaffnetem Auge wahrgenommen werden kann. Wo sich aber größere Goldmengen ausgeschieden haben, besitzen sie häufig draht- und moosförmige oder blech- und plattenartige Gestalt, auch sind Kristalle (Oktaeder, Würfel u. dgl.) nicht selten, die sich dann zu baumartigen Gruppen zu vereinigen pflegen (Abb. 23). Silberreiches Gold, Elektron genannt, besitzt eine viel hellere Farbe und ist leichter als reines Gold, dessen spezifisches Gewicht 19 ist.

D. **Technische Verwendung.** Gold wird nicht nur zur Ausprägung von Münzen, sondern auch zu Goldschmiedearbeiten und für andere technische Zwecke in großen Mengen verbraucht. Bekanntlich muß dem reinen Gold, damit es etwas härter wird, Silber oder Kupfer zugesetzt werden; unsere Goldmünzen z. B. enthalten auf 900 Gewichtsteile „Feingold" 100 Gewichtsteile Kupfer. Für goldene Schmucksachen, Ketten, Gefäße, Geräte usw. wird noch mehr Kupfer oder Silber zugesetzt. Ausgedehnte Verwendung findet das Gold zur Herstellung von Blattgold (durch den „Goldschläger"), von Golddraht, zum Vergolden von Metallen, bei der Herstellung von Goldrahmen, bei der Buchbinderei, in der Malerei, für Prunkgewänder (Goldbrokat u. dgl.); auch manche seiner Verbindungen sind technisch wichtig.

3. Das Silber.

A. Vorkommen, Eigenschaften und Anwendungen.

1. Auch das **Silber** gehört zu den Metallen, deren Kenntnis bis in vorgeschichtliche Zeit zurückgeht. Es findet sich aber in gediegenem Zustand nur in den oberen Teilen der Erzgänge und Erzstöcke in Gemeinschaft mit seinen Erzen und den Erzen anderer Metalle, nie in Flußsanden oder im Seifengebirge. Am häufigsten trifft man unregelmäßig gebogene band-, draht- und haarförmige Gestalten (Abb. 24) oder tannenzweigähnlich gebaute, moos- und bäumchenförmige Gruppen von undeutlichen Kristallen (Abb. 25, 26), seltener sind scharf ausgebildete Kristalle von Würfel- und Oktaederform (Kongsberg) (Abb. 27). Mitunter hat man zentnerschwere Massen gediegenen Silbers in den Erzgängen angetroffen; aber gegen die Mengen des aus den Erzen ausgeschiedenen Silbers sind solche Funde fast bedeutungslos.

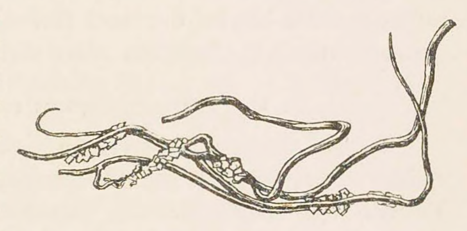
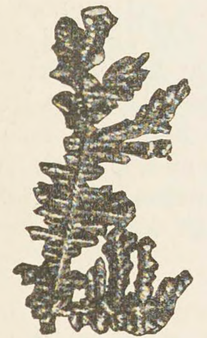


Abb. 24. **Gediegenes Silber** (drahtförmig).



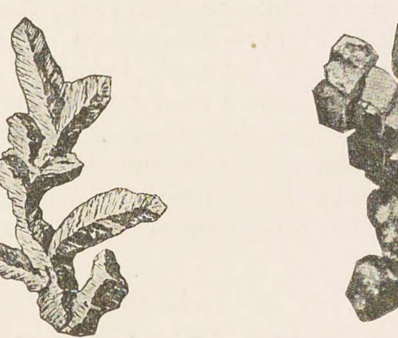


Abb. 25, 26. **Gediegenes Silber** in Tannenzweig- und Bäumchenform.

Abb. 27. **Silberkristalle,** würfelförmig.

2. Die „silberweiße“ Farbe des Metalls, die wir von neugeprägten Münzen oder silbernen Geräten kennen, kommt erst beim Zerschneiden des natürlichen Silbers zum Vorschein. Fast immer ist es rötlich, braun oder selbst schwarz angelaufen (Tafel I, Fig. 4), wie man dies auch an silbernen Löffeln wahrnimmt, die mit Eierspeisen in Berührung kamen. Die Ursache des Anlaufens ist in beiden Fällen die Bildung eines Überzugs von schwarzem Schwefelsilber. Da man umgekehrt oft die Verwachsung des gediegenen Silbers mit Resten von Schwefelsilber (Silberglanz) beobachten kann, muß man schließen, daß der Reich-

tum der Erzgänge an gediegenem Silber von Zersetzungsvorgängen herrührt, die in den oberen Teilen der Erzgänge durch das eindringende Wasser eingeleitet wurden.

3. Ist auch die chemische Widerstandsfähigkeit des Silbers nicht so groß wie die des Goldes, so hat ihm Farbe, Glanz und Geschmeidigkeit doch seit alters die nächste Stelle nach dem Gold angewiesen. Als Münzmetall war es im Altertum und Mittelalter viel wichtiger als heute, dagegen findet es jetzt zur Herstellung von Tafelgeräten und Kunstwerken aller Art immer ausgedehntere Verwendung.

B. Der Silberbergbau und die Silberproduktion.

1. Als silberreichstes Land galt im Altertum Spanien. Schon die Phönizier, später die Karthager und die Römer holten dort gewaltige Mengen des edlen Metalls. Später waren die Silbergruben in Attika durch ihre hohen Erträge berühmt. Im 10. Jahrhundert begann der Silberbergbau im Harz (Rammelsberg bei Goslar) und etwas später im sächsisch-böhmischen Erzgebirge (Freiberg, Schneeberg, Annaberg, Joachimstal: an diesem Bergort wurden die ersten „Thaler" geschlagen). Auch Schweden und Norwegen lieferten viel Silber (Sala, Kongsberg). Aber erst durch die riesigen Silbermengen, die vom 16. Jahrhundert an aus Mexiko, Bolivien, Peru, Chile, Argentinien (d. h. Silberland; La Plata = Silberstrom) und seit 1860 aus den Vereinigten Staaten (Nevada, Montana, Colorado) in den Verkehr kamen, ist die Entwertung des Silbers soweit fortgeschritten, daß das Kilogramm jetzt 70 Mark kostet, nachdem sein Preis bis zum Jahre 1870 dem früher erwähnten Wertverhältnis zum Gold entsprechend um 180 Mark geschwankt hatte. Man begreift diese Entwertung, wenn man erfährt, daß zurzeit jährlich $5^1/_2$ Millionen Kilogramm Silber erzeugt werden!

4. Das Quecksilber.

Das Quecksilber, ein flüssiges Metall. 1. Der silberweiße Faden in unsern Thermometern, an dessen Verlängerung und Verkürzung wir die Zunahme oder Abnahme der Wärme erkennen, besteht bekanntlich aus Quecksilber. Eine etwa 750 mm hohe Quecksilbersäule zeigt uns im Barometer durch ihr Schwanken die Änderungen des Luftdrucks und dadurch den Wechsel des Wetters an. Von diesen beiden Instrumenten her ist das **Quecksilber** als schweres, flüssiges Metall bekannt. Sein Name ist dem lateinischen argentum vivum, d. h. lebendiges Silber (vgl. engl. quick, schnell) nachgebildet, die Griechen nannten es Wassersilber (hydrárgyros).

Weitere Eigenschaften. 1. Gießt man Quecksilber in eine Schale, so bilden sich Kügelchen, die sich blitzschnell bewegen und schließlich

zu einem an den Gefäßwänden abwärts gekrümmten glänzenden Quecksilberspiegel vereinigen: das Quecksilber haftet nicht an gläsernen und eisernen Gefäßwänden. Dagegen zeigt sich, daß es Kupfer, Zinn, Zink, Silber, Gold „benetzt“. Es dringt sogar in diese Metalle ein, verändert ihre Farbe und löst sie schließlich auf. Es bilden sich Amalgame, Legierungen des flüssigen mit den festen Metallen, wie sie sonst nur durch Zusammenschmelzen zustande kommen.

2. Taucht man die Finger in Quecksilber, so empfindet man eine eigentümliche Kälte und einen ungewohnten Druck. Denn als guter Wärmeleiter entzieht das Quecksilber der Hand die Wärme, fühlt sich daher wie alle Metalle kalt an. Als schwere Flüssigkeit übt es auf die Hand einen 13,6 mal so großen Druck aus als eine entsprechende Wassermenge. Aus demselben Grunde schwimmen eiserne, kupferne, silberne u. dgl. Gegenstände auf der Oberfläche des Quecksilbers. Nur Gold und Platin sinken als spezifisch schwerere Körper im Quecksilber unter.

3. Wird Quecksilber auf -40^0 abgekühlt, so erstarrt es zu einer bläulichweißen, hämmerbaren Masse. Wir nennen es also nur deshalb ein flüssiges Metall, weil es bei gewöhnlichen Temperaturen flüssig ist. Die Dämpfe des Quecksilbers sind außerordentlich giftig.

Verwendung. 1. Außer zur Füllung von Barometern und Thermometern ist Quecksilber noch zu zahlreichen physikalischen, chemischen und medizinischen Apparaten notwendig. Der für die Technik wichtigste ist wohl die Quecksilberluftpumpe.

2. Weitaus die größten Quecksilbermengen werden bei der Gold- und Silbergewinnung durch das Amalgamationsverfahren gebraucht. Seine Eigenschaft, Gold aufzulösen, fand früher auch ausgedehnte Verwendung bei der sogen. Feuervergoldung. Man überzog die Gegenstände mit Goldamalgam und vertrieb das Quecksilber durch Erhitzen. Mit Zinnamalgam werden die Glasspiegel belegt. — Sehr mannigfache Anwendung findet das Quecksilber und seine Verbindungen in der Heilkunde.

Vorkommen und Produktion. Gediegenes Quecksilber findet sich in Form kleiner Tröpfchen, gelegentlich auch in größerer Menge in Spalten und Höhlungen seines Erzes, des Zinnobers. Für die Gewinnung im großen sind diese Mengen ohne Bedeutung. Das aus dem Erz in den Quecksilberhütten gewonnene Quecksilber wird zum Versand in verschraubte eiserne Flaschen von 2,5 l Inhalt (das sind 34 kg Quecksilber) gefüllt. Der Preis von 1000 kg beträgt im Großhandel jetzt um 5000 Mark; die Preise steigen, da die Produktion zurückgeht.

5. Das Kupfer.

Kulturgeschichtliche und technische Bedeutung. Das erste Metall, das der Mensch zu Waffen und Werkzeugen verarbeitete, ist das **Kupfer.** Es ist uns heute durch seine vielseitige Verwend-

barkeit ganz unentbehrlich geworden. Platten und Bleche, Röhren und Drähte werden daraus hergestellt, zu Gefäßen aller Art verarbeitet es der Kupferschmied, in der dekorativen Kunst findet es Verwendung, vor allem aber ist die Entwicklung der Elektrotechnik ganz undenkbar ohne das Kupfer. — Kaum weniger wichtig als das reine Metall sind seine Legierungen, als deren wichtigste die **Bronze** (9 Teile Kupfer, 1 Teil Zinn; Bronzewaffen und Schmuck des auf die Steinzeit folgenden Bronzezeitalters), das **Messing** (Kupfer und Zink) und das **Neusilber** (Kupfer, Zink, Nickel) zu nennen sind. Unsere Nickelmünzen bestehen zu 75 % aus Kupfer. Als Zusatz zu Gold und Silber ist es ebenfalls schon erwähnt.

Natürliches Vorkommen und mineralogische Eigenschaften. Auf seinen Erzlagerstätten ist auch das gediegene Kupfer ein häufiges Mineral, bald als Anflug oder eingesprengt, bald in Form von Blechen und Platten, oder in moos-, eisblumen- und bäumchenförmigen Gebilden, die aus verzerrten Kristallen gleich denen des Silbers aufgebaut sind (Tafel I, Fig. 5 und 6). Die größten Massen gediegenen Kupfers, bis zu einer halben Million Kilogramm, haben sich am Oberen See auf der Keweenawhalbinsel gefunden. Dort erfüllt es Spalten und Blasenräume alter vulkanischer Gesteine oder verkittet die aus denselben hervorgegangenen Trümmergesteine.

Das Kupfer ist ausgezeichnet durch seinen hakigen Bruch und durch seine schöne hellrote Farbe. An der Oberfläche sind die natürlichen Kupferstufen aber meist braun und schwarz (durch Oxydbildung) oder grün und blau (durch Bildung von Kupfersalzen) angelaufen und überrindet (vgl. Tafel I, Fig. 5).

Produktion. Der größte Teil des deutschen Kupfers stammt aus dem Gebiet des Mansfelder Kupferschiefers, jährlich etwa 20000 t im Werte von 1300 Mark pro Tonne. Auch der Kupfererzbergbau am Rammelsberg bei Goslar ist bedeutend. Große Mengen von Kupfer und Erzen werden in England, Spanien (Rio Tinto-Minen), Mexiko, Chile, Australien gewonnen. Alle diese Länder werden aber weitaus von den Vereinigten Staaten übertroffen, die jährlich 300000 bis 400000 t Kupfer produzieren (Oberer See, Montana, Arizona).

6. Das Eisen.

A. Seine Verbreitung als Mineralbestandteil und als gediegenes Eisen.

1. Das **Eisen** besitzt in der festen Erdrinde als Mineralbestandteil nächst dem Tonerdemetall (Aluminium) die größte Verbreitung. Eisenerze kommen an vielen Orten in ungeheuern Massen vor. Eisenverbindungen treten überall als die färbenden Bestandteile von Mineralien

und Gesteinen auf. Daß auch im Innern der Erde riesige Massen gediegenen Eisens vorhanden sind, schließt man aus ihrem hohen Eigengewicht (5.6), das um das Doppelte das durchschnittliche Gewicht der Gesteine der Erdrinde übertrifft.

2. **Gediegenes Eisen.** Aus der großen Leichtigkeit, mit der das Eisen in die verschiedensten Verbindungen eintritt, erklärt sich, weshalb es in gediegenem Zustand so selten in den äußeren Teilen der Erde getroffen wird. Nur bei Ovifak auf der Insel Disko (an der Nordwestküste von Grönland) kommen Blöcke gediegenen Eisens vor. Sie wurden dort 1870 von A. E. Nordenskjöld entdeckt und für Meteoreisen gehalten, ihre Herkunft aus einem eisenreichen Basalt aber bald nachgewiesen.

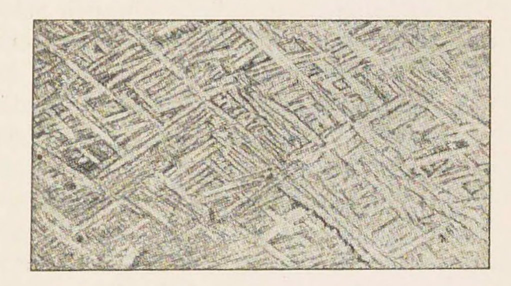


Abb. 28. **Widmannstättensche Figuren** auf Meteoreisen.

Als **Meteoreisen** bezeichnet man die Eisenmassen, die aus dem Weltraum auf die Erde niedergefallen sind. Man kennt eine große Anzahl solcher aus Eisen bestehender Meteoriten; geschliffen und mit Salzsäure angeätzt, zeigen sie regelmäßig sich kreuzende Streifen aus nickelreichem Eisen (Widmannstättensche Figuren, Abb. 28).

B. Die Entwicklung der Eisenproduktion und die Verwendung des Eisens.

1. Die Kenntnis des gediegenen Eisens geht ebenfalls in vorgeschichtliche Zeit zurück. Da es schon bei 700° als wachsartige und schmiedbare Masse aus guten Erzen gewonnen werden kann, ist es gewiß früh bekannt geworden. Die große Seltenheit alter Eisenfunde erklärt sich aus seiner leichten Zerstörung durch die Feuchtigkeit des Bodens und der Luft. Vom Ausgang des Mittelalters bis ins 18. Jahrhundert war Deutschland wegen seines Wald- und Erzreichtums das wichtigste Eisenland. Im 14. Jahrhundert begann der Hochofenbetrieb mit Holzkohlen und Gebläsen und damit die Eisengießerei. Im Laufe des 18. Jahrhunderts vollzog sich in England der Ersatz der Holzkohle durch Steinkohle und die Verbesserung der Hochöfen, wodurch England an die Spitze der Produktion trat. Mit der Erfindung des Gußstahls (Bessemer 1856) beginnt das Zeitalter des Stahls und eine bis heute unerhört schnell fortschreitende Eisen- und Stahlerzeugung. Im Jahre 1900 betrug sie 41 Millionen Tonnen im Werte von 50—75 Mark die Tonne, wovon England 22, Deutschland 20, die Vereinigten Staaten 34 % erzeugten; 1905 waren es schon nahe an 100 Millionen Tonnen.

2. Diese Zahlen sind angeführt, um zu zeigen, mit welchem Recht man **Kohle und Eisen** als die Grundsäulen unserer technischen Kultur bezeichnet hat. Die ungeheure Steigerung der Produktion erklärt sich aus der immer ausgedehnteren Anwendung des Eisens und Stahls zu allen Bauzwecken, im Verkehrswesen, im Maschinenbau, in der Kriegstechnik. Daneben ist keine einzige der altüberlieferten Verwendungsarten außer Gebrauch gekommen. Die Mannigfaltigkeit der aus Eisen und Stahl bestehenden Werkzeuge zur Bearbeitung von Metallen und Steinen, Holz und Leder in den verschiedensten Gewerben und Berufen ist unübersehbar. Von den unscheinbarsten Gegenständen wie Nadeln, Nägeln, Schrauben, Schreibfedern, Uhrfedern bis zu den Panzerplatten und Riesenmaschinen der Kriegsschiffe finden wir das Eisen und den Stahl verwendet. Diese unvergleichlich vielseitige Verwendung des Eisens erklärt sich aus der großen Verschiedenheit seiner Eigenschaften, die es als **Gußeisen, Stahl** und **Schmiedeeisen** infolge wechselnden Kohlegehaltes besitzt, eine Vielseitigkeit, die durch Zusatz anderer Metalle (Nickel, Mangan, Wolfram), sowie durch die Art der Bearbeitung noch gesteigert werden kann.

Das Roheisen enthält 2—6 % Kohlenstoff, der Stahl 0,5—1,8 %, das Schmiedeeisen noch weniger (0,05—0,5 %).

d) Metalle, die nur mit andern Stoffen verbunden in der Natur vorkommen.

Daß alles Eisen aus Erzen gewonnen wird, ist im Vorhergehenden gezeigt worden. Das gleiche gilt für das **Blei** und das **Zinn**; beide Metalle sind seit alter Zeit aus ihren Erzen, dem Bleiglanz und Zinnstein, gewonnen worden. Metallisches **Zink**, im Orient seit Jahrhunderten bekannt, wurde in Europa erst im 18. Jahrhundert dargestellt, obgleich man das Messing schon im Altertum durch Zusammenschmelzen von Zink- und Kupfererzen zu bereiten verstand. **Nickel** und **Mangan** wurden im 18. Jahrhundert aus ihren Erzen isoliert, **Magnesium** 1808, **Aluminium** 1827 zuerst dargestellt. Sind diese Metalle auch nicht so wichtig wie Gold und Silber, Kupfer und Eisen, so ist doch klar, um welche unermeßlichen Werte es sich im ganzen bei der Gewinnung, Bearbeitung und Verwendung der Metalle handelt, und wie eng der Fortschritt zu höherer Kultur an den Gebrauch der Metalle gebunden ist. So versteht es sich von selbst, daß die **Erze**, der wichtigste Gegenstand des Bergbaus, in nächster Linie zu betrachten sind. Da es sich hierbei um Verbindungen der Metalle mit Schwefel, Sauerstoff usw. handelt, müssen wir uns jetzt mit den Zeichen vertraut machen, die benützt werden, um die Elemente und chemischen Verbindungen in bequemer Weise zu schreiben.

Die chemischen Zeichen der Elemente und ihrer Verbindungen.

1. Zur kurzen Bezeichnung der **Elemente** benützt man die Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen oder auf lateinische Form gebrachten Namen. Die bisher erwähnten Elemente haben die nachstehend aufgeführten Zeichen und Namen:

Schwefel (sulphur)	= S	Quecksilber (hydrargyrum)	= Hg
Kohlenstoff (carboneum)	= C	Kupfer (cuprum)	= Cu
Sauerstoff (oxygenium)	= O	Eisen (ferrum)	= Fe
Wasserstoff (hydrogenium)	= H	Blei (plumbum)	= Pb
Arsen (arsenium)	= As	Zinn (stannum)	= Sn
Antimon (stibium)	= Sb	Zink (zincum)	= Zn
Wismut (bismuthum)	= Bi	Nickel (niccolum)	= Ni
Platin (platina)	= Pt	Mangan (manganium)	= Mn
Gold (aurum)	= Au	Magnesium (magnesium)	= Mg
Silber (argentum)	= Ag	Aluminium (aluminium)	= Al

2. Mit dem Zeichen für die Grundstoffe denkt sich der Chemiker immer eine bestimmte, durch Zahlen ausgedrückte Gewichtsmenge verbunden. Diese **Zahlen** (Atomgewichte) geben die Gewichtsverhältnisse an, nach denen die Stoffe sich verbinden. Es sind für die genannten Elemente annähernd die folgenden:

S = 32	Sb = 119	Hg = 200	Zn = 65
C = 12	Bi = 207	Cu = 63	Ni = 58
O = 16	Pt = 193	Fe = 56	Mn = 55
H = 1	Au = 196	Pb = 205	Mg = 24
As = 75	Ag = 107	Sn = 118	Al = 27

3. **Chemische Verbindungen** werden durch eine Formel ausgedrückt, indem man die Zeichen der Elemente nebeneinander setzt und mittels angehängter Ziffern angibt, in welchem festen Gewichtsverhältnis die Elemente zu dem neuen Stoff zusammentreten. So bedeutet die Formel HgS, daß sich ein Teil Quecksilber mit einem Teil Schwefel im Gewichtsverhältnis 200:32 zu einem neuen Körper, dem Zinnober, verbindet, die Formel FeS_2, daß sich ein Teil Eisen mit zwei Teilen Schwefel im Verhältnis 56:(2.32) zu Pyrit, die Formel AsS, daß sich ein Teil Arsen mit einem Teil Schwefel im Verhältnis 75:32 zu Realgar, die Formel As_2S_3, daß sich dieselben Stoffe im Verhältnis (2.75):(3.32) zu Auripigment verbinden usw.

4. Die Feststellung der genauen Formeln der Mineralien durch chemische Untersuchung kann nicht Gegenstand eines ersten mineralogischen Unterrichts sein. Wohl aber genügen in vielen Fällen einfache Versuche, um wenigstens das Vorhandensein oder auch das Fehlen bestimmter Elemente in den Mineralien nachzuweisen.

II. Klasse.

Verbindungen der Metalle mit Schwefel oder Sprödmetallen. (Sulfide und verwandte Verbindungen.)

1. Von der Verbreitung des Schwefels in der Erde geben seine zahlreichen Verbindungen mit Metallen die beste Vorstellung. Auch die schwefelähnlichen, seltenen Elemente Selen und Tellur kommen direkt mit Metallen verbunden vor. An die Stelle des Schwefels treten in gewissen Fällen ganz oder teilweise die Sprödmetalle.

2. Die Sulfide besitzen ein hohes spezifisches Gewicht und meist metallisches Aussehen, d. h. metallische Farben und Metallglanz. Es fehlt ihnen aber die Geschmeidigkeit der gediegenen Metalle. Nach altem Brauch bezeichnet man die hellfarbigen, metallisch aussehenden, härteren Sulfide als Kiese (Beispiel: Eisenkies), die dunklen, weicheren als Glanze (Beispiel: Bleiglanz), die Sulfide mit nichtmetallischen Farben als Blenden (Beispiel: Zinkblende).

a) Die Verbindungen der Sprödmetalle mit Schwefel.

1. Der Realgar AsS und das Auripigment As_2S_3.

1. Zu den schönsten farbigen Mineralien gehören die Verbindungen des Schwefels mit Arsen: der „morgenrote", d. h. hellziegelrote **Realgar** AsS und das zitronen- bis orangegelbe, goldglänzende **Auripigment** As_2S_3 (Tafel II, Fig. 1). Beide kommen gern mit andern Sulfiden zusammen auf Erzgängen, aber auch an andern Orten vor. Schöne, flächenreiche Kristalle von Realgar sind nicht selten (im Ton von Tajowa, im Dolomit vom Binnental). Das Auripigment besitzt vorzügliche Spaltbarkeit und erscheint daher in blätterigen, kristallinen Massen oder auch in knolligen, strahlig-faserigen Aggregaten.

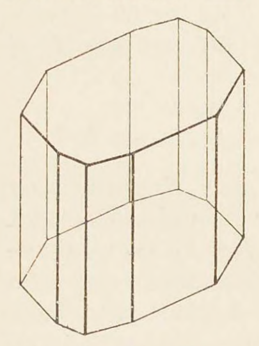


Abb. 29. Kristallform des **Realgars**. Prismatische, schief endigende Kristalle.

2. Beide Mineralien besitzen geringe Härte (1—2) und fast übereinstimmend gelben Strich. Am besten erkennt man die Strichfarbe, d. h. die Farbe des Pulvers, wenn man mit dem Mineral auf einer Strichtafel, einer unglasierten weißen Porzellanplatte, einen Strich macht. Die Strichfarbe ist meist heller als die des Minerals selbst, und gibt in vielen Fällen ein bequemes und zuverlässiges Kennzeichen zur Unterscheidung ähnlicher Mineralien ab.

3. Erhitzt man Realgar oder Auripigment in einseitig geschlossenem Röhrchen (Kölbchen), so schmelzen und verdampfen beide unzersetzt und setzen sich in

den kühleren Teilen wieder an. Erhitzt man aber im offenen Rohr, so zersetzen sie sich. Man erkennt an dem Geruch nach Knoblauch und schwefliger Säure und der Bildung weißer arseniger Säure ihre Zusammensetzung.

Anwendungen. Das meiste im Handel befindliche Realgar und Auripigment wird künstlich dargestellt und findet als Farbe, in der Feuerwerkskunst und in der Gerberei Verwendung.

2. Der Antimonglanz Sb_2S_3.

1. Von der charakteristischen Form und Farbe der Kristalle hat dieses Mineral auch den Namen Grauspießglanz erhalten. Denn es bildet gern büschelig angeordnete, stengel- bis nadelförmige, also „spießige“ Kristalle (Abb. 30), deren lebhaft metallglänzende, bleigraue Farbe meist durch mattgraue Anlauffarben verdeckt wird. Große prismatische, oben zugespitzte Kristalle sind aus Japan in die Sammlungen gekommen (Abb. 31). Sie sind so vollkommen spaltbar, daß man leicht dünne Blätter erhält, die wie Metallspiegel blendenden Glanz zeigen. Sonst sind

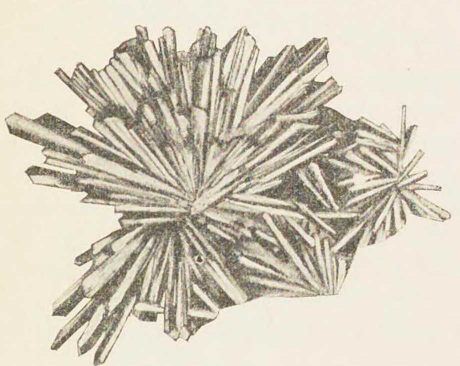


Abb. 30. **Antimonglanz** (Grauspießglanz) von Felsöbanya (Ungarn).

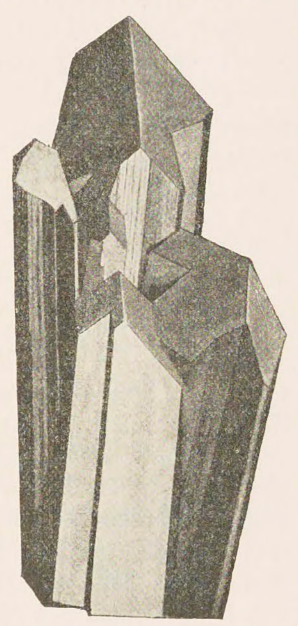


Abb. 31. **Antimonglanz.** Große Kristalle aus Japan.

strahlige Aggregate und dichte Massen die gewöhnlichste Art des Vorkommens. Durch seine leichte Schmelzbarkeit — schon in der Kerzenflamme — ist der Antimonglanz von ähnlich aussehenden Körpern gut zu unterscheiden.

Den meisten Antimonglanz liefert Frankreich (jährlich 10000 t, Auvergne, Corsica, Algier), Italien (Sardinien, Toskana), Griechenland und Ungarn. Er findet sich hier auf Gängen mit Quarz und mit andern Erzen (Blei- und Silbererzen, Zinn und Gold).

b) Die Verbindung des Quecksilbers mit Schwefel.

Der Zinnober HgS.

A. Seine mineralogischen Eigenschaften.

1. Wer den Zinnober nur als künstlich dargestellte Malerfarbe kennt, macht sich von der Farbe und Beschaffenheit des natürlichen **Zinnobers** eine falsche Vorstellung. Der derbe wie der kristallinische Zinnober (Tafel II, Fig. 2) zeigt satt dunkelrote bis schwarzrote, selbst stahlgraue und braunrote Farben („Stahlerz" und „Lebererz"). Nur an erdigem Zinnober sieht man die leuchtend rote Färbung.

2. Zinnoberkristalle sind selten und stets klein; sie sind durchsichtig cochenillerot, ihre Flächen fast metallisch diamantglänzend, ihre Lichtbrechung noch stärker als die des Diamanten.

3. Die Formel des Zinnobers ist HgS. Im Kölbchen erhitzt verflüchtigt er sich unzersetzt und gibt einen schwarzroten kristallinen Beschlag. Im offenen Rohr erhitzt zersetzt er sich unter Bildung von schwefliger Säure und Abscheidung von Quecksilbertröpfchen an dem entfernteren Ende des Rohrs.

B. Seine Fundorte.

1. Die Stätte des ältesten Bergbaus ist die Umgebung von Almadén an der nördlichen Abdachung der Sierra Morena in Südspanien. Schon den Griechen war sie bekannt, Karthager und Römer beuteten sie aus, und der heutige Name des Orts beweist, daß der Bergbau auch unter der maurischen Herrschaft blühte (arabisch al-maden = das Bergwerk). Von 1525—1645 waren die Minen an die Fugger verpfändet, seit 1645 sind sie im Besitz des spanischen Staats und liefern jetzt noch jährlich gegen 1000 t Quecksilber. Der Zinnober findet sich hier in Quarzgesteinen zwischen Schiefern von dem Alter des Rheinischen Schiefergebirges.

2. Als zweite große europäische Zinnoberlagerstätte (seit 1500) ist Idria in Krain zu nennen; von hier stammen jene Zinnobervarietäten, die als Stahlerz, Lebererz und Korallenerz bezeichnet werden und in verschiedenem Grade mit Bitumen (Asphalt) durchtränkte Massen darstellen. Die Gesteine, welche vom Zinnober durchsetzt sind, befinden sich in stark zerrüttetem Zustand; die Bildung des Zinnoberlagers muß in verhältnismäßig später geologischer Zeit stattgefunden haben.

3. In Kalifornien werden (seit 1850) zu New-Almaden Zinnobererzgänge ausgebeutet, die in ihren oberen Teilen aus Schwefel bestehen und offenbar durch Absatz aus den heißen Quellen entstanden sind, die jetzt noch das Gestein durchströmen. Auch auf den

alten, aber um 1830 aufgegebenen Quecksilbergruben in der Pfalz (Moschellandsberg u. a. O.) sind die Erze auf Klüften und Spalten des zertrümmerten Steinkohlengebirges und der gleichaltrigen vulkanischen Gesteine durch heiße Quellen abgesetzt.

c) Die Verbindungen von Silber und Blei mit Schwefel.

1. Der Silberglanz Ag_2S.

1. Der **Silberglanz** Ag_2S ist eines der reichsten Silbererze, da er 87 % Silber enthält. Seine Kristalle sind vorherrschend würfelförmig, ihre Farbe bläulichschwarz, mit mattem, auf dem frischen Bruch lebhafteren Metallglanz. Besonders merkwürdig ist die Geschmeidigkeit des Silberglanzes, die ihm den bergmännischen Namen „Weichgewächs" eingetragen hat; er läßt sich wie Blei schneiden und in Formen pressen.

2. Größere Mengen von Silberglanz finden sich im sächsischen und ungarischen Erzgebirge, in Kongsberg, in Nevada und Mexiko. Seine Bedeutung als Silbererz beruht aber nicht so sehr auf diesem reinen Vorkommen, als darauf, daß er als Beimengung im Bleiglanz enthalten ist. Dadurch, daß dieser silberhaltige Bleiglanz in gewaltigen Massen vorkommt, wird er indirekt zu einem der wichtigsten Silbererze. Ein Gehalt von 0,01 % reicht hin, um die Gewinnung des Silbers aus Bleiglanz noch lohnend zu machen.

2. Der Bleiglanz PbS.

A. Physikalische und chemische Eigenschaften.

1. Wenige Mineralien verraten durch ihr Äußeres so sehr ihren Metallgehalt wie der **Bleiglanz** PbS. Sein hohes spezifisches Gewicht (= 7,4), die bleigraue Farbe, der blendende Metallglanz auf frischen Bruchflächen erinnern in auffallendster Weise an das darin enthaltene gediegene Blei.

2. Nähere Untersuchung zeigt aber auch die Unterschiede. Schon beim Ritzen mit dem Messer, deutlicher noch beim Zerschlagen erkennt man die Sprödigkeit des Bleiglanzes. Betrachtet man die Bruchstückchen genauer, so zeigt sich, daß sie von ebenen Flächen begrenzt sind, die sich unter rechten Winkeln schneiden. Bald sieht man kleine Würfelchen oder rechteckige Säulchen und Plättchen, bald haben sich treppenförmige Stücke losgetrennt, immer aber entstehen ebene Bruchflächen, gerade Kanten, rechte Winkel. Diese streng gesetzmäßige Art des Bruchs heißt **Spaltbarkeit.** Der Bleiglanz besitzt also vollkommene Spaltbarkeit nach dem Würfel (Abb. 32).

3. Auch die Kristalle des Bleiglanzes haben gewöhnlich Würfelform. Man überzeugt sich leicht, daß die Spaltrichtungen mit den

natürlichen Kristallflächen parallel laufen. Man kann also nicht in jeder beliebigen Richtung Bleiglanzwürfel abspalten, sondern nur in den durch die Kristallisation vorgezeichneten Richtungen.

4. **Chemische Eigenschaften.** Um den Schwefel- und Bleigehalt des Minerals nachzuweisen, ist einige

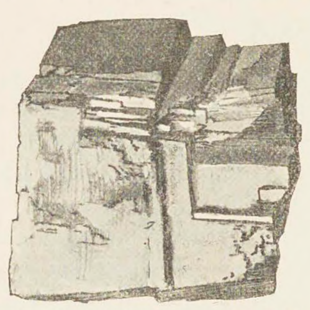


Abb. 32. **Spaltstück von Bleiglanz.**

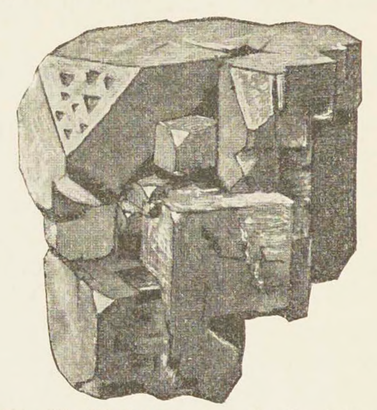
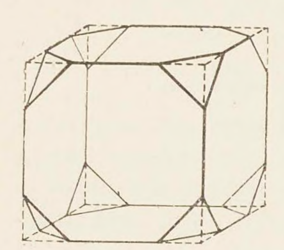
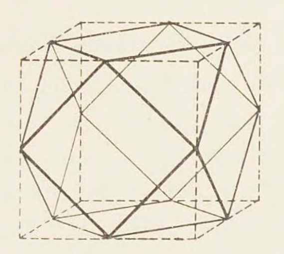


Abb. 33. **Bleiglanz** von Joplin (Miss.).

Übung in der Handhabung des Lötrohrs erforderlich. Erhitzt man feines Bleiglanzpulver mit der Lötrohrflamme auf Holzkohle, so schmilzt es unter deutlichem Geruch nach schwefliger Säure; in kurzer Zeit bedeckt sich die Umgebung der Vertiefung, in welche man das Pulver





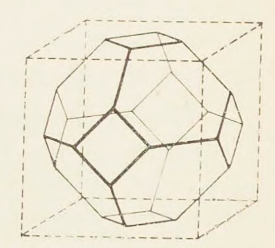


Abb. 34, 35, 36. **Ableitung des Oktaeders aus dem Würfel** durch gleichmäßiges Abschneiden der Ecken.

gebracht hat, mit einem gelben „Beschlag“ von Bleioxyd, und die Hauptmasse bildet ein silberglänzendes Kügelchen von gediegenem Blei, das nach dem Erstarren leicht auf seine bekannten Eigenschaften geprüft werden kann.*)

B. Ableitung der Kristallformen.

1. An Stelle der Würfelecken sieht man an natürlichen Kristallen (Abb. 33 und Tafel II, Fig. 3) oft gleichseitige Dreiecke, wodurch die

*) Für die Ausführung einfacher Lötrohruntersuchungen sei auf das „Lötrohrpraktikum“ von E. Haase hingewiesen, das in anziehender Weise Anleitung zur Handhabung des Lötrohrs und zur Untersuchung der Mineralien gibt.

Seiten des Würfels zu Achtecken werden (Abb. 34). Wachsen die Dreiecke bis zu gegenseitiger Berührung, so erscheinen die Würfelflächen als Quadrate, die sich an den Ecken berühren (Fig. 35). Andere Kristalle sind von acht großen Sechsecken und sechs kleinen Quadraten begrenzt (Abb. 36). Verschwinden diese ganz, so bleibt ein von acht gleichseitigen Dreiecken begrenzter Körper, das schon beim Diamant abgebildete Oktaeder (Abb. 37) übrig.*)

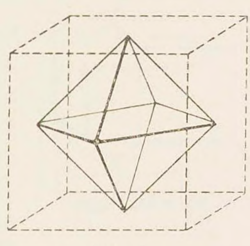


Abb. 37. **Oktaeder** aus dem Würfel abgeleitet.

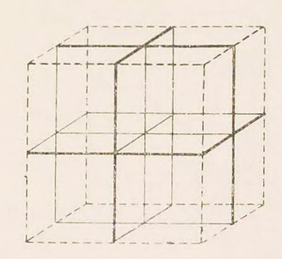
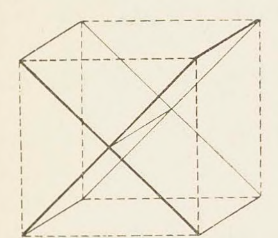
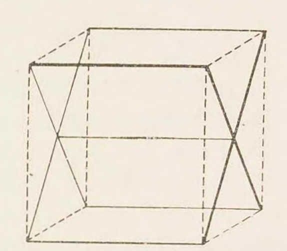


Abb. 38. Die **drei Hauptsymmetrieebenen** der regulären Kristalle.

2. Man sieht leicht, daß bei allem Wechsel der Formen und Begrenzungsflächen **die Symmetrie dieser Körper unverändert bleibt.** Nicht nur die einfachen





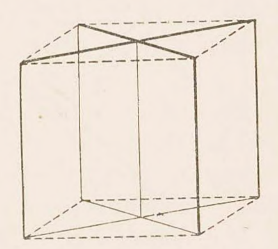


Abb. 39, 40, 41. Die **sechs Nebensymmetrieebenen des Würfels** und aller andern regulären Kristalle.

Grenzformen, der Würfel und das Oktaeder, sondern auch die dazwischen liegenden „Kombinationen" sind auf allen Seiten des Raumes, rechts und links, vorn und hinten, oben und unten gleich. Die drei durch die Mittellinien gegenüberliegender Würfelflächen oder, was dasselbe bedeutet, durch die Kanten des Oktaeders gelegten, aufeinander senkrechten Ebenen heißen die **Hauptsymmetrieebenen** (Abb. 38). Außerdem kann man die Kristalle in den Richtungen der Flächendiagonalen des Würfels durch sechs Ebenen in symmetrische Hälften zerlegen; diese Ebenen heißen die **Nebensymmetrieebenen** (Abb. 39, 40, 41).

3. Alle einfachen Kristallformen und Kombinationen, die diese Art von Symmetrie besitzen, werden als **reguläre Kristalle** bezeichnet.

*) Man verfolgt diese Übergänge am besten, indem man sich aus Plastulin eine Anzahl von gleichgroßen Würfeln herstellt und parallel fortschreitend immer größere, unter sich gleiche Stücke an den Würfelecken wegschneidet.

Eine neue Umformung des Würfels erhält man durch gleichmäßiges Abschneiden seiner zwölf Kanten parallel den Diagonalebenen (Nebensymmetrieebenen). Die Flächen des neuen Körpers erscheinen zunächst als zwölf schmale Sechsecke (Abb. 42 u. 43). Führt man die Schnitte in der durch die Abbildungen 44, 45, 46 dargestellten und in der Unterschrift erläuterten Weise, so erhält man nur die Endform, das von zwölf gleichen Rhomben begrenzte **Rhombenzwölfflach** oder **Rhombendodekaëder** (Abb. 47).

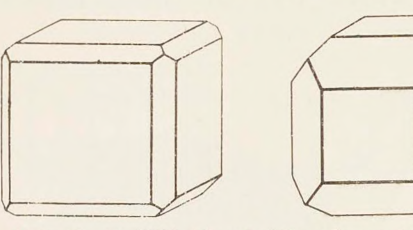
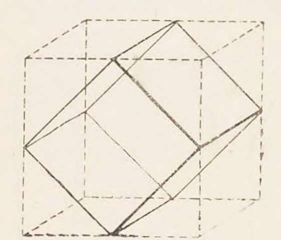
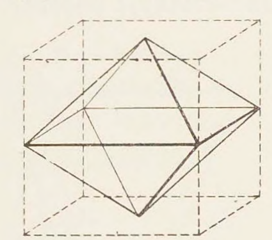


Abb. 42, 43. **Würfel mit Rhombenzwölfflach.** Gleichmäßiges Abschneiden der Kanten.

Es ist leicht zu sehen, daß es 24 gleiche Kanten, sowie zweierlei Ecken besitzt (8 dreikantige, 6 vierkantige — man beachte ihre Lage!).





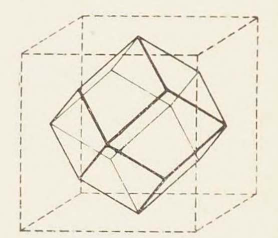


Abb. 44, 45, 46. **Ableitung des Rhombenzwölfflachs aus dem Würfel.** Vier Schnitte parallel den von vorn nach hinten laufenden Kanten erzeugen ein quadratisches Prisma (Abb. 44). Vier Schnitte parallel den querlaufenden Kanten erzeugen daraus eine quadratische Doppelpyramide (Abb. 45). Vier Schnitte parallel den senkrechten Kanten geben endlich das Rhombenzwölfflach (Abb. 46).

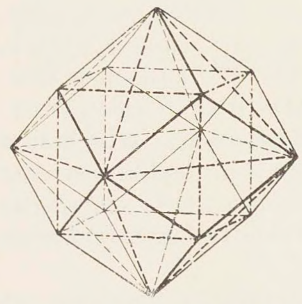


Abb. 47. **Das Rhombendodekaeder.** Die langen Diagonalen der Rhomben (gestrichelt) bilden zusammen ein Oktaeder, die kurzen (strichpunktiert) einen Würfel.

Blickt man aus größerer Entfernung auf eine der dreikantigen Ecken, so erscheint der Umriß des Körpers als regelmäßiges Sechseck, die Rhomben stoßen also unter Winkeln von 120° zusammen (Abb. 48).

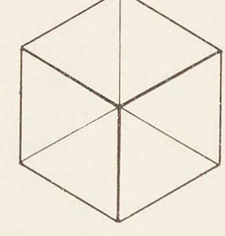


Abb. 48. **Rhombendodekaeder,** in der Richtung auf eine dreikantige Ecke betrachtet.

Man erhält genau dasselbe Rhombenzwölfflach, wenn man die Kanten des Oktaeders symmetrisch ab-

schneidet (Abb. 49). Nicht selten sind Würfel, Oktaeder und Rhombendodekaeder gleichzeitig an Bleiglanzkristallen anzutreffen (Abb. 50, 51).

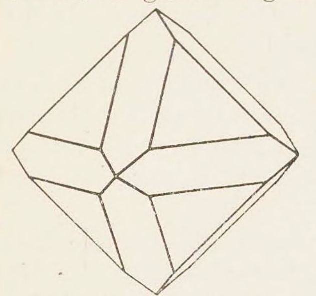
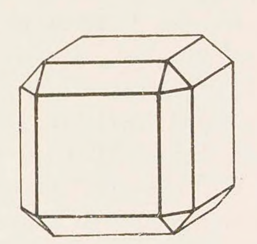


Abb. 49. **Oktaeder** mit **Rhombendodekaeder.**



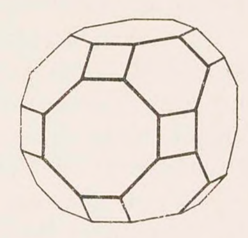


Abb. 50, 51. **Kombinationen des Würfels** mit Oktaeder und Rhombendodekaeder.

C. Auftreten des Bleiglanzes in der Natur.

1. Der Bleiglanz gehört zu den verbreitetsten Gangmineralien. Er findet sich (Tafel II, Fig. 3) in Gesellschaft von Zinkblende, Kupferkies und andern Mineralien wie Kalkspat, Schwerspat, Quarz, Flußspat im Harz, im Erzgebirge, in Ungarn, Spanien usw. Dieser gangförmig auftretende Bleiglanz ist silberreich (Freiberg).

2. Mit Blende, Galmei und Brauneisen tritt Bleiglanz auch lagerartig in Klüften und Hohlräumen von Kalk- und Dolomitgesteinen auf, so im oberen Muschelkalk von Wiesloch bei Heidelberg, im unteren Muschelkalk von Tarnowitz und Beuthen, im Keuperdolomit von Bleiberg in Kärnten, im Kohlenkalk von Leadville (Colorado).

3. Merkwürdig ist endlich das Auftreten des Bleiglanzes in Form von dicht gedrängten Knötchen im Buntsandstein von Commern am Nordrand der Eifel. Man bezeichnet das dort in Tagebauen gewonnene Erz als „Knottenerz". Seine Bildung ist nicht völlig aufgeklärt.

4. Die zahlreichen andern Bleimineralien, meist Umwandlungsprodukte des Bleiglanzes, treten für die Bleiproduktion gegen den Bleiglanz zurück. Die größten Mengen Bleiglanz liefern heute Nordamerika, Spanien, England und Deutschland.

d) Die Verbindung des Zinks mit Schwefel.

Die Zinkblende ZnS.

A. Physikalische und chemische Eigenschaften.

1. Der Name Blende weist auf nichtmetallisches Aussehen und hohen Glanz des Minerals. In der Tat besitzt die Zinkblende keine charakteristische Metallfarbe, sondern kann alle Farbenabstufungen vom lichtesten, vollkommen durchsichtigen Gelb über gold- und kolophoniumbraune Töne (Tafel II, Fig. 4) bis zum tiefsten, diamantfunkelnden

Schwarz aufweisen. Am seltensten sind die hellen Abarten; die dunkle Färbung der Blenden rührt von einer Beimengung von Schwefeleisen her. An durchsichtigen Stücken erkennt man die hohe Lichtbrechung, die nahezu die des Diamanten erreicht.

2. Neben derben und körnigen, faserigen und schaligen Aggregaten finden sich auch reguläre Kristalle und großkristalline Massen von ausgezeichneter Spaltbarkeit. Achtet man genauer auf die Winkel, unter denen sich die Spaltflächen schneiden, so zeigt sich, daß sie entweder 120° und 60° oder 90° messen.

Es gibt aber nur einen regulären Körper, dessen Flächen sich unter den genannten Winkeln schneiden, das Rhombendodekaeder (vgl. Abb. 47 und 48). Also ist die Zinkblende nach dem **Dodekaeder** spaltbar. Sie ist das einzige Mineral, welches diese vollkommene Spaltbarkeit nach den Nebensymmetrieebenen besitzt.

Chemische Zusammensetzung. Den Schwefelgehalt der Blende kann man durch Auflösen ihres Pulvers in konzentrierter Salpetersäure nachweisen (es scheidet sich Schwefel ab); das Zink bildet auf Kohle einen in der Hitze gelben, kalt weißen Beschlag von Zinkoxyd, der sich mit Kobaltlösung grün färbt.

F. Kristallographische Eigenschaften.

Bei einer so vollkommenen Spaltbarkeit könnte man erwarten, daß auch die Kristalle der Zinkblende vorwiegend Rhombendodekaeder sind. Dies ist aber keineswegs der Fall; man findet meist nur kompliziert gebaute, durch Parallelstreifung, treppenförmige Absätze und andere Unregelmäßigkeiten gestörte Kristalle (Abb. 52), deren Zugehörigkeit zum regulären System nicht ohne weiteres zu erkennen ist.

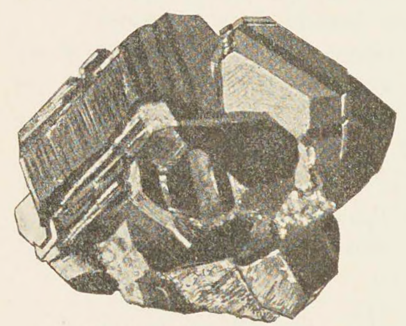


Abb. 52. **Zinkblende** von Rodna. Kristallgruppe.

In der Tat stellt die Zinkblende eine besondere Abteilung des regulären Systems mit neuen Formen dar, die man erst einzeln studieren muß, um sich an den komplizierten natürlichen Kristallen zurechtfinden zu können.

Ableitung des Tetraeders. Beseitigt man an einem Würfel nur die vier nicht benachbarten Ecken, so erhält man einen Körper, dessen Symmetrie gestört ist (Abb. 53, 54). Die Nebensymmetrieebenen des Würfels sind zwar noch vorhanden, aber die Hauptschnitte teilen den Kristall nicht mehr symmetrisch; die Reste der Würfelflächen erscheinen als diagonal gerichtete Sechsecke. Legt man die

Schnitte durch die Diagonalen selbst, so erhält man die Grenzform (Abb. 55), ein auf der Kante stehendes, von vier gleichseitigen Dreiecken

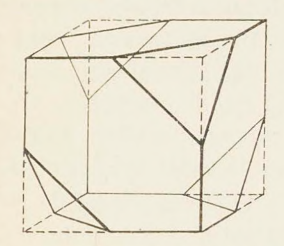
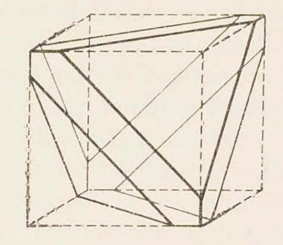



Abb. 53, 54. **Ableitung des Tetraeders aus dem Würfel** durch Beseitigung von 4 nicht benachbarten Ecken.

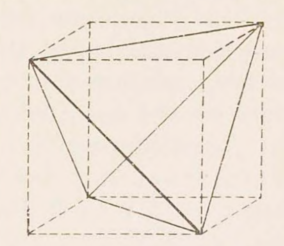


Abb. 55. **Das Tetraeder** im Würfel.

begrenztes **Tetraeder.** Hätte man die andern Würfelecken entfernt, so wäre dieselbe Form entstanden, nur wäre das zweite Tetraeder gegen das erste um 90° gedreht (Abb. 56). Das zweite oder Gegen-

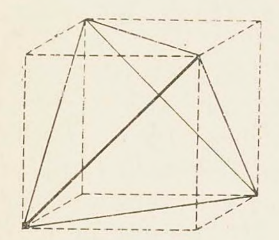


Abb. 56. **Das Gegentetraeder.**

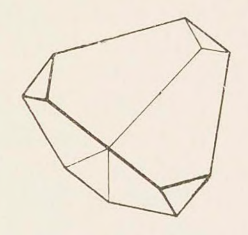


Abb. 57. **Kombination** der beiden Tetraeder.

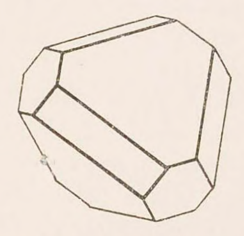


Abb. 58. **Kombination** der beiden Tetraeder mit dem Würfel; die Rechtecke entsprechen den Würfelflächen.

tetraeder kann gleichzeitig mit dem ersten auftreten (Abb. 57), es können auch beide mit dem Würfel kombiniert sein; diese Kombination ist an der Blende häufig zu finden und in Abbildung 58 dargestellt.

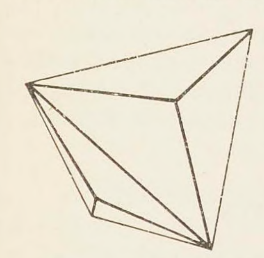
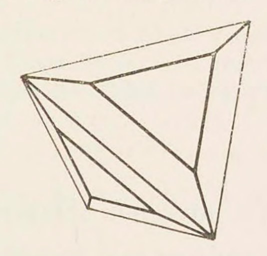
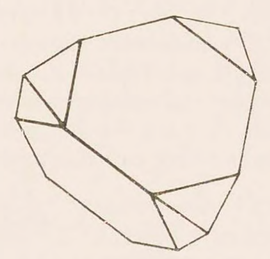




Abb. 59, 60, 61. **Verschiedene tetraedrische Formen und Kombinationen,** die an der Blende und den Fahlerzen auftreten.

Alle Formen und Kombinationen, die ohne Störung der Symmetrie aus dem Tetraeder ableitbar sind, faßt

man als die **tetraedrische Abteilung** des regulären Systems zusammen.

Die Figuren 59, 60, 61 veranschaulichen solche tetraedrische Formen und Kombinationen. Sie treten in ausgezeichneter Weise an den Fahlerzen, kompliziert zusammengesetzten, kupferreichen Sulfiden auf, während sie bei der Zinkblende seltener sind.

Kristallformen, die wie das Tetraeder aus dem Oktaeder durch Unterdrückung der Hälfte der Flächen eines Kristalls entstehen, nennt man auch **Halbflächner** oder **Hemiëder**, und ein Mineral, an dem diese Formen auftreten, hemiëdrisch kristallisiert.

e) Die Verbindungen des Eisens mit Schwefel und Arsen.

1. Der Magnetkies FeS.

1. Die einfachste Verbindung des Eisens mit Schwefel ist der **Magnetkies** FeS. Früher ohne praktische Bedeutung, ist er jetzt wegen seines häufigen Nickelgehalts (2—7 %) zu einem der wichtigsten Nickelerze geworden. Norwegen und Kanada (Sudbury) liefern große Mengen des wertvollen Erzes. Es tritt aber nicht auf Erzgängen auf, sondern ist in Form feinsten Staubes oder zu größeren Massen angesammelt in eisenreichen vulkanischen Gesteinen enthalten, oder bildet mächtige Lager zwischen diesen und den durchbrochenen Schiefergesteinen. Der Magnetkies ist also ein **Kontaktmineral,** d. h. ein Mineral, das sich bei der Berührung schmelzflüssiger, eisenreicher Gesteine mit dem Nebengestein ausgeschieden hat.

2. Man erkennt den Magnetkies an seiner charakteristischen, der Bronze gleichenden Farbe. Sie ist auf frischem Bruch heller und lebhaft metallisch glänzend. Seinen Namen hat das Mineral erhalten, weil sein Pulver vom Magneten angezogen wird. Dadurch verrät sich auch der Eisengehalt (vgl. noch das Magneteisen S. 68).

Chemische Eigenschaften. Durch bloße Erhitzung (ohne Luftzutritt) erfolgt keine Trennung der Bestandteile. Im offenen Rohr bildet sich schweflige Säure. Übergießt man eine Probe im Kölbchen mit verdünnter Salzsäure, so gibt sich der Schwefelgehalt des Minerals durch die Entwicklung von Schwefelwasserstoff zu erkennen.

2. Der Pyrit oder Schwefelkies FeS_2.

A. Physikalische Kennzeichen und chemische Eigenschaften.

Physikalische Kennzeichen. Von allen Sulfiden ist der Schwefelkies das verbreitetste und bekannteste. An seinen Kristallformen ist er sofort zu erkennen; aber auch derbe Stücke lassen sich durch ihr Verhalten leicht von ähnlichen Kiesen unterscheiden. Die Farbe der

Pyritkristalle ist glänzend messinggelb, derbe Massen sind häufiger speisgelb, d. h. graugelb und weniger glänzend, das Pulver und der Strich sind schwärzlich. Die Härte des Schwefelkieses liegt zwischen Feldspat- und Quarzhärte (6—7). Beim Anschlagen mit dem Hammer gibt er Funken; die abspringenden Pyritstückchen kommen ins Glühen und verbreiten einen Geruch nach schwefliger Säure. Die alten Namen Pyrit, d. h. Feuerstein (vom griech. pȳr, Feuer) und Kies (vgl. Kiesel) erinnern an diese charakteristischen Eigenschaften.

Chemische Eigenschaften. 1. Erhitzt man Pyrit in einseitig geschlossener Röhre, so entweicht ein Teil des Schwefels und schlägt sich als gelbes Sublimat im oberen Teile der Röhre nieder. Entzündet brennt der Pyrit mit blauer Schwefelflamme. Diese Eigenschaften weisen darauf hin, daß im Pyrit mehr Schwefel enthalten ist als im Magnetkies. In der Tat ist seine Formel FeS_2, er enthält also die doppelte Menge Schwefel. Nach dem Erhitzen bleibt FeS zurück.

2. Um das Eisen nachzuweisen, ist einige Übung in der Handhabung des Lötrohrs erforderlich*). Man erkennt die Anwesenheit von Eisen an der flaschengrünen Färbung der Boraxperle in der Reduktionsflamme. Aber auch an der rostbraunen Rinde, die manche Kristalle überzieht, verrät sich der Eisengehalt: Der Schwefelkies verwittert an feuchter Luft zu Brauneisen.

Vollzieht sich die Verwitterung so langsam, daß trotz der chemischen Umwandlung die Kristallform erhalten bleibt, so nennt man den aus Brauneisen bestehenden Kristall eine **Pseudomorphose,** d. h. eine Scheinbildung, genauer eine Umwandlungspseudomorphose „von Brauneisen nach Pyrit“ (Tafel II, Fig. 6).

Solche Bildungen besitzen für die Erkenntnis der chemischen Prozesse, welche die Umwandlung der Mineralien bewirken, außerordentliche Bedeutung, da sie unmittelbare und keiner falschen Deutung ausgesetzte Zeugnisse für den Stoffwechsel im Reich der unbelebten Natur sind. Sie lassen durch die Erhaltung der Kristallform erkennen, an welchem Mineral die zerstörenden und umwandelnden chemischen Kräfte des Wassers und der Atmosphäre eingesetzt haben, und führen durch die chemische Untersuchung des Endglieds und der Zwischenstufen der Verwandlung zur Erkenntnis der chemischen Vorgänge selbst.

B. Die Kristallformen des Pyrits.

1. Würfelförmige und oktaedrische Pyritkristalle beweisen die Zugehörigkeit unseres Minerals zum regulären System. Aber neben diesen wohlbekannten Gestalten tritt häufig eine von zwölf Fünfecken begrenzte Form auf (Abb. 62, 63), deren Zusammenhang mit dem Würfel erst untersucht und erwiesen werden muß.

---

*) Vgl. die Anmerkung S. 36.

Man stellt sich zu diesem Zweck einen Plastulinwürfel von 2 cm Kante her und teilt alle Kanten in vier gleiche Teile. Auf den parallelen Flächenpaaren zieht man je eine Mittellinie in der Weise, daß nirgends zwei Linien zusammenstoßen (Abb. 64). Damit ist die Würfeloberfläche in zwölf rechteckige Felder geteilt und zur Ausführung der nötigen Schnitte vorbereitet. Die Schnitte werden nun so gelegt, daß die Würfelflächen durch gleichgeneigte Flächenpaare ersetzt werden, die $^1/_4$ der Würfelkanten abschneiden. Durch die ersten vier Schnitte entsteht ein sechsseitiges, symmetrisches Prisma (Abb. 65), durch die nächsten vier Schnitte der in Abbildung 66 dargestellte Körper, durch die letzten vier Schnitte endlich das **Pentagondodekaëder** oder **Fünfeckszwölfflach** (Abb. 67).

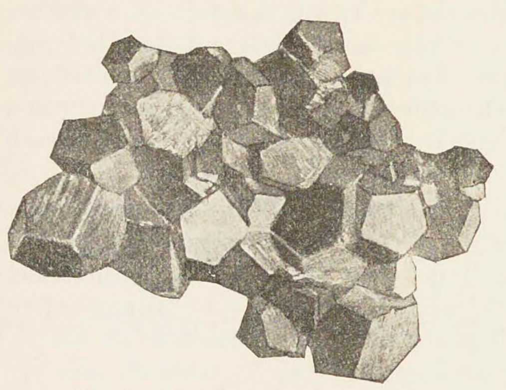


Abb. 62. Stufe von **Pyritkristallen** (Pentagondodekaeder).

2. Sind die Schnitte genau ausgeführt, so kann man leicht feststellen, daß die Fünfecke nicht regelmäßig sind. Die an der Stelle der Mittellinien liegenden Kanten sind größer als die durch die Schnitte neu entstandenen. Zugleich ist aus dem angewandten Schnittverfahren klar, daß die neue

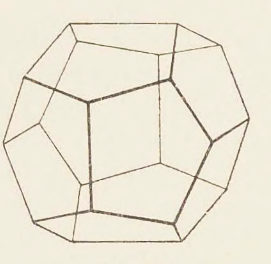


Abb. 63. **Das Pentagondodekaeder.**

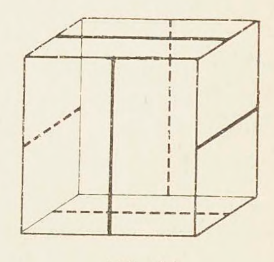
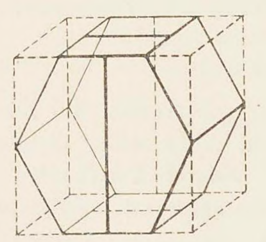
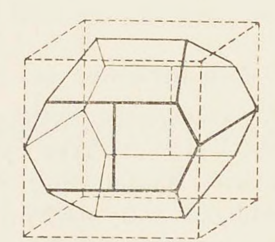


Abb. 64. **Ein Würfel**, zum Ausschneiden des Pentagondodekaeders vorbereitet.





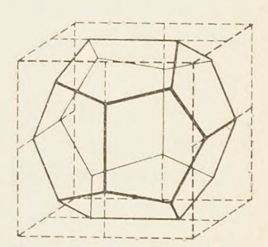


Abb. 65, 66, 67. **Ableitung des Pentagondodekaeders aus dem Würfel.** Besprechung des Verfahrens im Text.

Form nur in der Richtung der Hauptsymmetrieebenen in gleiche Hälften zerlegt werden kann. Die Pyritkristalle stellen also eine dritte Abteilung des regulären Kristallsystems dar, die **pentagonale**

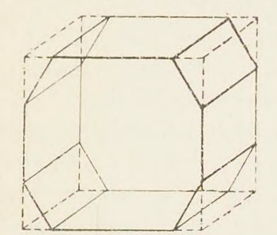
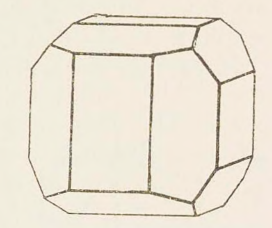
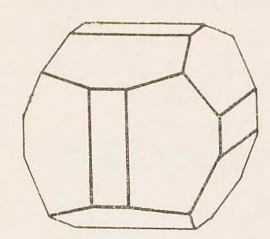




Abb. 68, 69, 70. **Das Pentagondodekaeder** mit dem **Würfel** kombiniert.

Hemiedrie. Ihr gehören alle Kristallformen an, die drei unter sich gleiche, aufeinander senkrechte Symmetrieebenen besitzen, die also unter Erhaltung dieser Symmetrie durch Schnitte aus dem Würfel oder aus dem Pentagondodekaeder abgeleitet werden können.

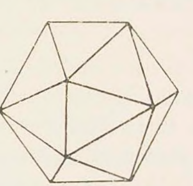


Abb. 71. **Pentagondodekaeder mit Oktaeder** im Gleichgewicht.

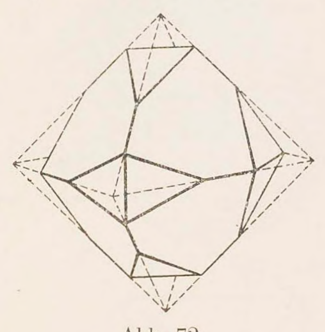


Abb. 72. Ableitung der Kombination **Oktaeder-Pentagondodekaeder.**

3. Das Pentagondodekaeder ist von sechs Paaren symmetrischer Fünfecke begrenzt. Es hat zweierlei Kanten: sechs längere und 24 kürzere, und zweierlei Ecken: acht gleichkantige, die wie Würfelecken liegen,



und zwölf ungleichkantige an den Enden der längeren Kanten. Jeder Fläche entspricht eine parallele Gegenfläche. Daher heißen die Kristalle der pentagonalen Abteilung auch **parallelflächig,** die der tetraedrischen **geneigtflächig hemiedrisch.**

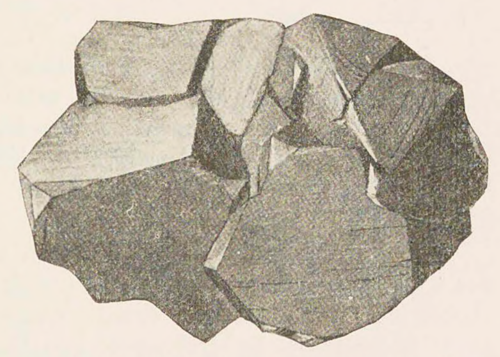


Abb. 73. **Pyritkristalle** von Traversella. Große Pentagondodekaeder mit Oktaeder und andern Formen.

4. Pentagondodekaeder entstehen auch, wenn die Neigung der Flächen anders gewählt wird. Das abgebildete mit der Neigung 2:1 ist jedoch das einzige,

welches für sich allein in der Natur auftritt. — Führt man die Schnitte nicht durch die Mittellinien, sondern parallel dazu näher den Würfelkanten (Abb. 68), so bleiben sechs Rechtecke als Reste der Würfelflächen erhalten (Abb. 69). Schneidet man am Pentagondodekaeder die acht gleichkantigen Ecken so ab, daß gleichseitige Dreiecke entstehen, so stellt der neue Körper die Kombination Pentagondodekaeder-Oktaeder dar. Die Fünfecke verwandeln sich in gleichschenklige Dreiecke, wenn die acht Ecken ganz weggenommen werden (Abb. 71). Endlich kann das Oktaeder zur herrschenden, das Dodekaeder zur Nebenform werden (Abb. 72). Flächenreiche Kristalle von Schwefelkies mit noch anderen Formen sind in den Abbildungen 73 und 77, sowie auf Tafel II, Fig. 5 dargestellt.

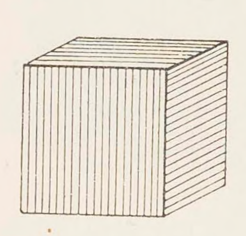


Abb. 74.
Kombinationsstreifung an einem Pyritwürfel.

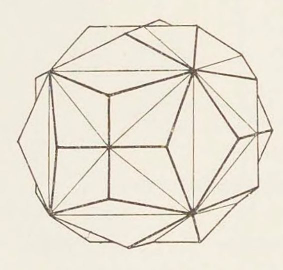


Abb. 75. **Zwillingskristall** von Pyrit (zwei Pentagondodekaeder).

5. Häufig sind die Fünfecke des Dodekaeders parallel den langen Kanten gestreift oder treppenförmig abgesetzt. Diese Streifung entsteht durch fortwährendes Schwanken zwischen Würfel- und Dodekaederflächen, weshalb sie Kombinationsstreifung genannt wird. Sie kommt auch bei andern Kristallen sehr häufig vor. Selbst an scheinbar einfachen Pyritwürfeln kann die Streifung noch sichtbar sein und verrät durch ihr Auftreten die Störung der Symmetrie (Abb. 74 und Tafel II, Fig. 6). Häufig ist auch die Durchwachsung zweier Dodekaeder am Pyrit zu beobachten. Bald sieht man die Ecken des einen in Form kleiner, dachfensterartiger Hervorragungen auf den großen Flächen des andern sitzen, bald sind beide Dodekaeder ganz ebenmäßig ausgebildet. Man nennt solche Gebilde Durchdringungszwillinge und hat den Dodekaederzwillingen speziell den Namen „Zwillinge des eisernen Kreuzes“ gegeben (Abb. 75).

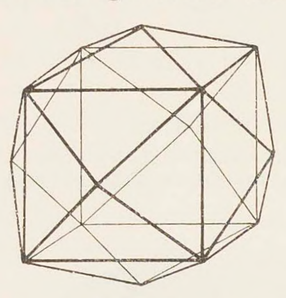


Abb. 76.
Der Pyramidenwürfel.

6. **Der Pyramidenwürfel.** Den vollflächigen Körper, aus dem das Pentagondodekaeder durch Unterdrückung der halben Flächenzahl abgeleitet werden kann, erhält man durch gleichzeitiges Zuschärfen aller Würfelkanten. Die neue, vollflächige Form heißt **Pyramidenwürfel** — ein Name, der ohne weiteres einleuchtet (Abb. 76).

C. Entstehung und Vorkommen des Schwefelkieses.

Da das Eisen als Mineralbestandteil allgemein verbreitet ist, kann sich Schwefelkies überall bilden, wo Schwefelverbindungen mit eisenhaltigem Gestein in Berührung kommen.

1. Als ursprünglicher Gemengteil tritt Schwefelkies in eisenreichen Erstarrungsgesteinen wie Diorit und Syenit auf, bald mikroskopisch fein verteilt, bald in größeren Kristallen und unregelmäßigen Massen. Er muß sich hier direkt aus dem im Schmelzfluß enthaltenen Schwefel und Eisen gebildet haben.

2. In zahllosen schwebend gebildeten, würfelförmigen Kristallen findet sich der Pyrit in kristallinen Schiefern, besonders im Chlorit-, Talk- und Urtonschiefer. Er ist hier aus dem ursprünglich in den Schiefern fein verteilten Schwefeleisen in derselben Weise neu gebildet wie die andern, die Schiefer zusammensetzenden Mineralien. Viele jüngere Gesteine (Tonschiefer, Mergel, Kalksteine) verdanken ihre blauschwarze Farbe staubfein verteiltem Pyrit.



Abb. 77. **Pyrit von Traversella,** sehr flächenreich.

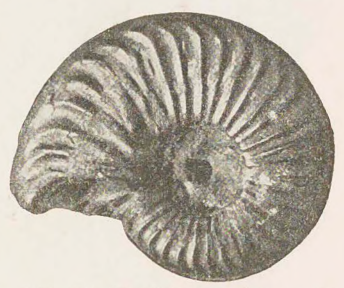


Abb. 78. **Verkiester Ammonit** aus dem Jura.

3. Auf Erzgängen ist der Pyrit das verbreitetste aller Sulfide. Er bildet aber auch Stöcke, linsenförmige Lager und Schichten von gewaltiger Ausdehnung, die besonders dann wertvoll sind, wenn sich auch Kupferkies einstellt (Rio Tinto in Spanien, Rammelsberg im Harz, Norwegen, Ungarn; reines Schwefelkieslager von Meggen in Westfalen).

4. Schwefelkies bildet sich endlich überall, wo Pflanzen und Tiere in eisenreichem Boden verwesen. So erklären sich die Knollen und Rinden von Schwefelkies in Braun- und Steinkohlen, wie die goldglänzenden Überzüge auf Ammoniten des Jura (Abb. 78) oder Seesternen des rheinischen Schiefergebirges.

Technische Verwertung. 1. Durch Erhitzen der Kiese kann die Hälfte des Schwefels ausgetrieben werden. Die Kiese bilden in diesem Falle das Rohmaterial für die Schwefelindustrie, besonders für die Erzeugung von schwefliger Säure, Schwefelsäure u. dgl.

2. Als Eisenerze spielen die Kiese keine Rolle, da es viel bessere und leichter zu verhüttende Eisenerze gibt und das aus Kies gewonnene Eisen minderwertig ist. Dagegen ist ihr Kupfergehalt und ihre Goldführung für die Gewinnung

dieser Metalle von größter Bedeutung. Aus den Kiesen von Rio Tinto werden bei 2—3 % Gehalt jährlich über 50000 t Kupfer gewonnen. Über die goldhaltigen Kiese ist S. 24 gehandelt.

3. Der Markasit FeS_2.

1. Der **Markasit** ist chemisch vom Pyrit nicht verschieden. Aber er unterscheidet sich von ihm durch seine rhombische Kristallisation und infolgedessen auch durch seine physikalischen Eigenschaften. Die Verbindung FeS_2 ist daher ähnlich wie die Elemente Schwefel und Kohlenstoff in verschiedenen Ausbildungsweisen vorhanden, sie ist dimorph, d. h. von zweierlei Form. Derbe Stücke sind natürlich viel schwerer von derbem Pyrit zu unterscheiden.

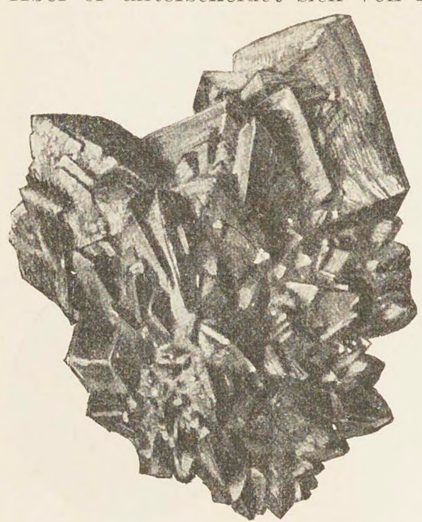


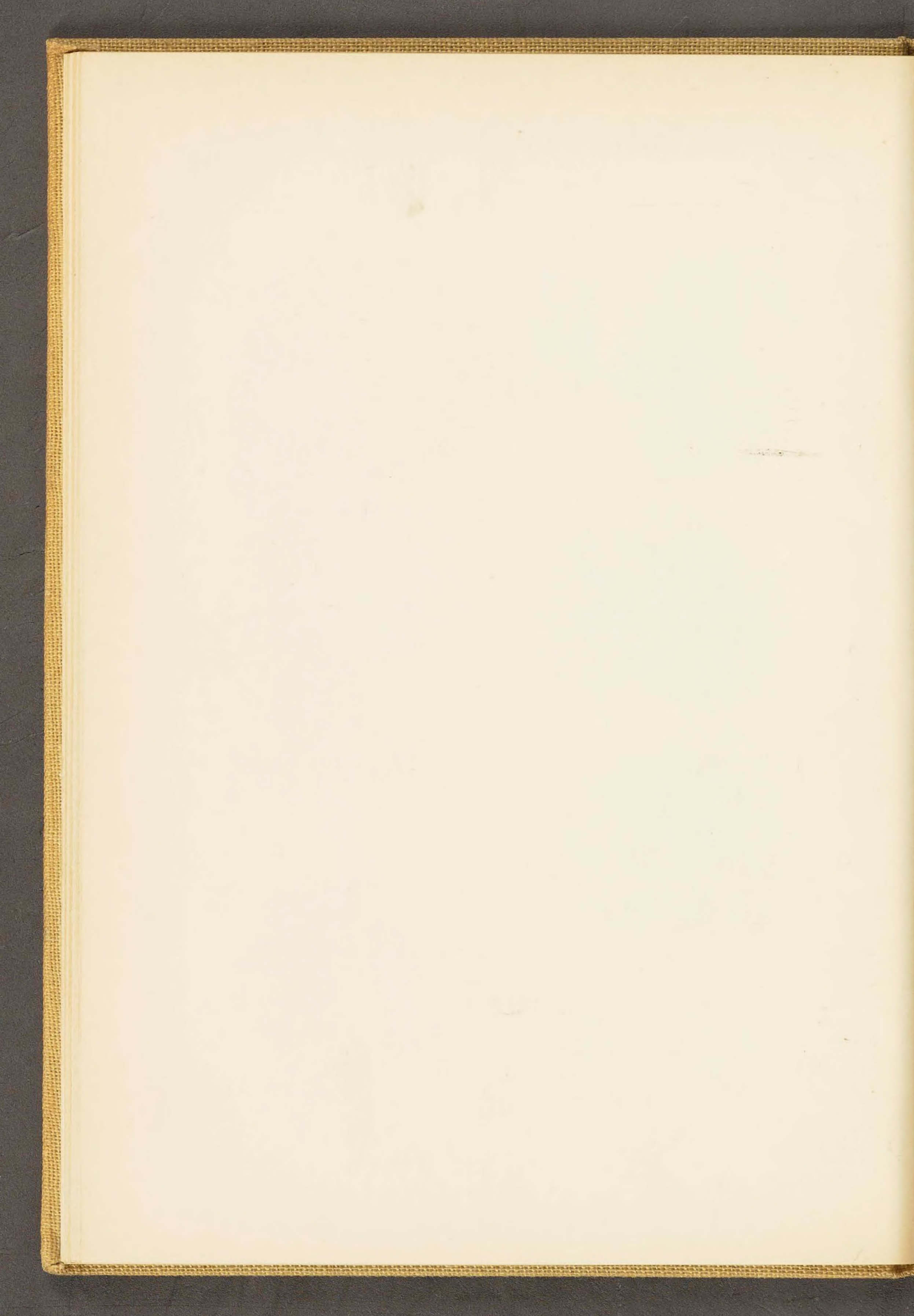
Abb. 79. **Speerkies** von Osseg (Böhmen).

Der Markasit kommt weder als Gesteinsgemengteil noch in ausgedehnten Lagern vor. Er ist auf Erzgänge und auf Ausscheidungen in Tonen, Kalken und kohligen Gesteinen beschränkt. Seine Farbe ist ein grünlichgraues Gelb (Speisgelb), seine Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterung noch geringer als die des Pyrits, so daß man die radialfaserigen, morgensternartigen Konkretionen oft tief hinein in Brauneisen verwandelt sieht und diese Umbildung an aufgeschlagenen Stücken auch in Sammlungen rasch fortschreitet.

Tafel II. Sulfide.

1. **Auripigment** mit **Realgar** von Moldawa (Banat).
   Blätterige Spaltbarkeit beim Auripigment.
2. **Zinnober** von Almaden (Spanien).
3. **Bleiglanz** von Olpe (Westfalen).
   Kombination von Würfel und Oktaeder; mit Blende auf Quarzkristallen sitzend.
4. **Zinkblende** von Picos de Europa (Spanien).
   Spaltstück mit Flächen des Rhombendodekaeders.
5. **Pyrit** von Traversella (Piemont).
   Kombination des Pentagondodekaeders mit Würfel, Oktaeder und Dyakisdodekaeder (schmale Dreiecke zu beiden Seiten der Fünfecke).
6. **Brauneisen nach Pyrit** von Hospental (St. Gotthard).
   Man erkennt noch die Streifung der Würfelflächen.
7. **Buntkupfererz** von Saalfeld (Thüringen).
8. **Rotgültigerz** von Andreasberg (Harz). Hexagonale Kristalle.


1
2
8
4
3
7
5
6



3. Die einfachen rhombischen Kristalle des Markasits sind nicht häufig. Um so gewöhnlicher sind vielfach wiederholte Zwillingsverwachsungen und Anhäufungen von Kristallen, die nach ihren charakteristischen Formen die Namen Strahlkies, Speerkies (Abb. 79) und Kammkies (Abb. 80) erhalten haben.

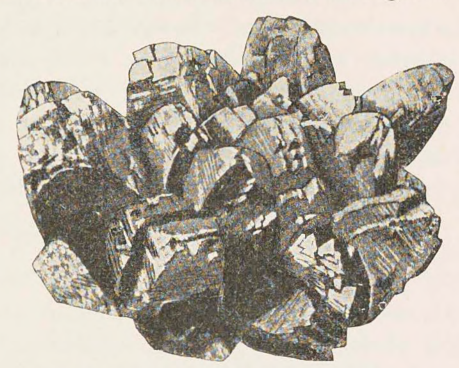


Abb. 80. **Kammkies** von Freiberg.

In schönster Ausbildung trifft man die Speerkiese auf Braunkohle, die Kammkiese auf den Erzgängen von Claustal und Freiberg, die radialstrahligen Kugeln und Knollen im Kreidemergel von Folkestone bei Dover usw.

4. Der Arsenkies FeAsS und das Arseneisen $FeAs_2$.

1. Tritt im Schwefelkies an die Stelle des Schwefels Arsen, so entstehen die rhombisch kristallisierenden Verbindungen FeAsS, **Arsenkies**, und $FeAs_2$, **Arseneisen**. Besonders leicht sind die gelblichgrauen, scharfen Kristalle des Arsenkieses zu erkennen (Abb. 81). Beide Mineralien, vor allem der auf Erzgängen häufige Arsenkies dienen als Ausgangsmaterial zur Darstellung des Arseniks und anderer Arsenpräparate.

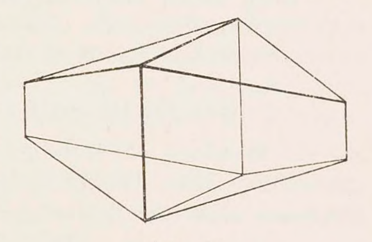


Abb. 81.
Kristallform des **Arsenkieses.**

2. Erhitzt man Arsenkies im Kölbchen, so entsteht erst ein rotes, dann ein dunkler gefärbtes Sublimat von Schwefelarsen, zuletzt metallisches Arsen, während das Arseneisen als schwefelfreie Verbindung sofort einen Arsenspiegel liefert.

f) Verbindungen von Nickel und Kobalt mit Arsen und Schwefel.

Unter den Blei-, Silber- und Kupfererzen, die die sächsischen Bergleute zutage förderten, fanden sich auch silber- und kupferähnliche Erze, die allen Bemühungen, die edlen Metalle zu gewinnen, hartnäckig widerstanden. Man glaubte sich durch die Berggeister gefoppt und um die Arbeit betrogen und nannte die wertlosen Erze Kobold und Nickel. Als Namen für das Kobalt- und Nickelmetall sind diese Schimpfnamen jetzt zu Ehren gekommen; hier sind nur noch die Erze zu beschreiben.

1. Der Rotnickelkies NiAs und der Weißnickelkies $NiAs_2$.

1. Der **Rotnickelkies** oder Kupfernickel NiAs tritt fast nur in derben Massen auf. Seine auf frischem Bruch hell kupferrote, metallische, sonst mattbraune Farbe unterscheidet ihn von andern Erzen, seine Sprödigkeit und Härte vom gediegenen Kupfer. Man begreift die Enttäuschung der Bergleute, wenn sie in diesem trügerischen Mineral keine Spur von Kupfer fanden, so sehr es durch seine eigene Farbe wie durch die Verwitterungsprodukte daran erinnerte.

Denn wie die Kupfererze oft grüne Rinden besitzen, so ist der Rotnickelkies mit grünen und weißen Zersetzungsprodukten bedeckt. Die „apfelgrünen“ Rinden heißen **Nickelblüte** — sie sind ein Nickelsalz der Arsensäure —, die weißen Anflüge bestehen aus arseniger Säure und verraten dadurch den nichtmetallischen Bestandteil des Erzes.

2. Leichter mit andern Erzen zu verwechseln ist der mit dem vorigen zusammen derb vorkommende **Weißnickelkies** oder Chloanthit $NiAs_2$. Er hat auf frischem Bruch zinnweiße, also hell bläulichgraue Farbe, ist sonst aber meist schwarzgrau angelaufen oder grün und weiß überrindet.

Neben diesen arsenhaltigen Nickelerzen gibt es andere, die Antimon und Schwefel enthalten, den Arsennickelglanz NiAsS, den Antimonnickelglanz NiSbS und den Nickelkies NiS.

2. Der Speiskobalt $CoAs_2$ und der Kobaltglanz CoAsS.

1. Weniger vollständig sind die Kobaltverbindungen in der Natur zu finden. Dem Weißnickelkies entspricht der **Speiskobalt** $CoAs_2$, das häufigste aller Kobalterze, dem Arsennickelglanz der **Kobaltglanz** CoAsS. Beide Verbindungen sind durch allmähliche Übergänge (Mischungen) mit den entsprechenden Nickelerzen verbunden. Speiskobalt ist silber- bis dunkelgrau, oft blau angelaufen, Kobaltglanz silberweiß bis rötlichgrau. Der Kobaltgehalt der Erze verrät sich durch das Auftreten milchig rosa gefärbter Anflüge von **Kobaltblüte**, dem Kobaltsalz der Arsensäure, das auch in prachtvoll pfirsichblütroten, strahlig angeordneten Kristallen vorkommt (Tafel VII, Fig. 8).

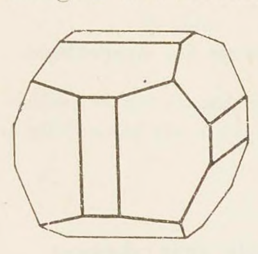


Abb. 82. Kristallform des **Speiskobalts.**

2. Speiskobalt und Kobaltglanz treten auch in ringsum ausgebildeten, flächenreichen Kristallen auf, die genau mit denen des Pyrits übereinstimmen (Abb. 82). Man sagt daher, diese Mineralien sind **isomorph** mit Pyrit, d. h. von gleicher kristallographischer Beschaffenheit (vom griech. isos gleich, morphé Gestalt). Man nennt aber nur solche Mineralien isomorph, die gleichzeitig eine ähnliche chemische Zusammensetzung haben.

3. Um den Kobaltgehalt direkt nachzuweisen, schmilzt man eine Spur des gerösteten Erzes mit einer Borax- oder Phosphorsalzperle zusammen. Es entsteht dann eine tief blaue Färbung, die deutlicher sichtbar wird, wenn man die Perle vor dem Erkalten flachdrückt. Auch das Glas wird durch Kobalt prachtvoll blau gefärbt und liefert fein pulverisiert die als Smalte bezeichnete blaue Farbe.

g) Die Verbindungen des Kupfers mit Schwefel.

1. Der Kupferkies $CuFeS_2$.

1. Von den verschiedenen Verbindungen des Kupfers mit Schwefel ist der **Kupferkies** die wichtigste. Denn er ist nicht nur das verbreitetste aller Kupfererze, sondern aus ihm gehen auch fast alle andern in der Natur auftretenden Kupferverbindungen hervor. Der Kupferkies besitzt die Zusammensetzung $CuS . FeS$ oder $CuFeS_2$. Er besteht also zur Hälfte aus Schwefeleisen. Seine Zersetzung schreitet in den oberen Teilen der Erzgänge und Lager (im „eisernen Hut") in der Weise fort, daß das Eisen nach und nach verschwindet und immer kupferreichere Erze entstehen.

2. Seine Farbe ist der des Pyrits ähnlich. Legt man aber beide Mineralien nebeneinander, so wird man sofort gewahr, daß das Gelb des Kupferkieses einen grünlichen, das des Pyrits im Kontrast einen rötlichgrauen Ton hat. Dazu kommt, daß Kupferkies fast immer bunte (karminrote, grünliche, bläuliche) Anlauffarben zeigt, was beim Pyrit nur selten vorkommt. Ein anderes zuverlässiges Unterscheidungsmerkmal ist die Härte; sie erreicht beim Kupferkies kaum 4, während sie beim Pyrit über 6 liegt. Der Bruch ist uneben bis muschelig.

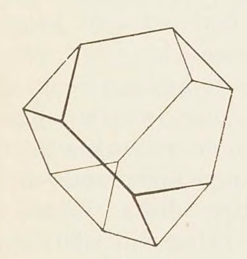


Abb. 83. Hemiedrische Kristallform des **Kupferkieses.**

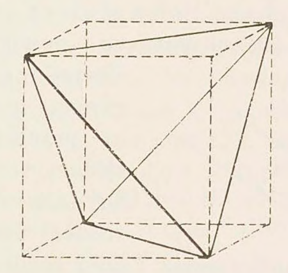


Abb. 84. **Würfelähnliches quadratisches Prisma,** aus welchem die Kupferkieskristalle abzuleiten sind.

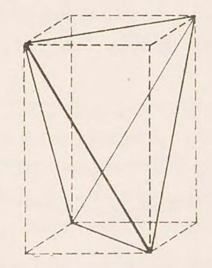


Abb. 85. **Keilkörper (Sphenoid)** aus einem quadratischen Prisma mit kleiner Grundfläche.

3. Kristalle sind beim Kupferkies weniger häufig und sehr oft stark verzerrt. Die einfachsten gleichen einem Tetraeder mit untergeordnetem Gegentetraeder (Abb. 83). Genaue Messungen haben aber

ergeben, daß diese Tetraeder nicht von gleichseitigen, sondern von gleichschenkligen Dreiecken begrenzt sind, daß sie also nicht von einem Würfel, sondern einem würfelähnlichen quadratischen Prisma abzuleiten sind (Abb. 84, 85). Der Kupferkies gehört daher der geneigtflächigen oder **sphenoidalen** (d. h. keilförmigen) **Hemiedrie** des **quadratischen** Kristallsystems an, seine Kristalle haben nur zwei Symmetrieebenen.

4. Wie bereits bemerkt, ist der Kupferkies das verbreitetste Kupfererz und tritt ebenso lagerförmig (Rammelsberg bei Goslar) wie auf Erzgängen (Erzgebirge, Nassau, Chile, Ver. Staaten) auf.

2. Der Buntkupferkies Cu_3FeS_3 und der Kupferindig CuS.

1. Als nächstes Umwandlungsprodukt des Kupferkieses erscheint der **Buntkupferkies** $Cu_3FeS_3 = Cu_2S . CuS . FeS$, ein Erz von so charakteristischem Aussehen, daß es mit keinem andern Mineral zu verwechseln ist. Auf frischem Bruch metallisch rotviolett, überzieht es sich rasch mit tief veilchenblauen, blaugrünen und schwarzen metallglänzenden Anlauffarben (Tafel II, Fig. 7). Höchstens der tiefblaue, seltenere **Kupferindig** CuS könnte damit verglichen werden, aber durch seinen indigoblauen Strich unterscheidet er sich sofort vom Buntkupfererz, das schwarzen Strich besitzt.

2. Als Begleitmineral des Kupferkieses und Kupferglanzes ist das Buntkupfererz auf Erzgängen in Sachsen und am Harz, in Cornwall und Ungarn häufig, und bildet besonders in den Vereinigten Staaten (Montana) und in Chile und Peru ein wichtiges Kupfererz.

3. Der Kupferglanz Cu_2S.

1. Das kupferreichste Schwefelerz ist der **Kupferglanz** Cu_2S mit 80% Kupfer. Er ist schwarz und gewöhnlich derb oder in feiner Verteilung ausgeschieden. Auf Erzgängen in Cornwall kommt er auch in prächtigen blauschwarzen Kristallen vor, die dem rhombischen Kristallsystem angehören und entweder sechsseitige dicke Prismen oder sechsseitige Tafeln mit schrägen Rändern bilden (Abb. 86).

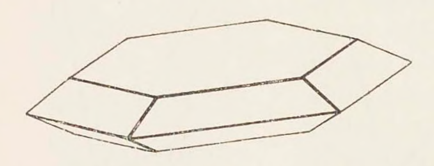


Abb. 86. Kristallform des **Kupferglanzes.**

2. Die größte Bedeutung hat der Kupferglanz für den deutschen Erzbergbau. Er ist mit Kupferkies und andern Sulfiden in dem schwarzen Kupferschiefer der Zechsteinformation enthalten und wird seit Jahrhunderten in der Grafschaft Mansfeld (zwischen dem Harz und dem Thüringer Wald) abgebaut. Aus diesem Gebiet stammt 90% des in Deutschland gewonnenen Kupfers (jährlich gegen 20000 t).

h) Verbindungen des Silbers mit Schwefel und Sprödmetallen.

Die Rotgültigerze $3Ag_2S.Sb_2S_3$ und $3Ag_2S.As_2S_3$.

Auf den edlen Silbergängen des Harzes, des Erzgebirges und Ungarns sind als wertvollste Erze des Silbers seine Verbindungen mit Arsen und Antimon verbreitet. Sie haben von ihrer prachtvoll cochenilleroten bis zinnoberroten Farbe den Namen **Rotgültigerze** erhalten. Das antimonhaltige Erz, die Antimonsilberblende $3Ag_2S.Sb_2S_3$, unterscheidet sich von der Arsensilberblende $3Ag_2S.As_2S_3$ äußerlich nur durch dunklere Farbe. Die Kristalle, ausgezeichnet durch ihren Flächenreichtum, stimmen in ihren Formen vollständig überein (sind isomorph) und gehören dem hexagonalen System an, dem ein regelmäßiges sechsseitiges Prisma als Grundgestalt zukommt (Tafel II, Fig. 8; für die Kristallformen vergl. Quarz und Kalkspat).

III. Klasse.

Verbindungen des Wasserstoffs und der Metalle mit Sauerstoff (Oxyde und Hydroxyde).

Von der Verbreitung des Sauerstoffs.

1. **In der Luft.** Als Gemengteil der Luft wurde der **Sauerstoff** schon beim Schwefel erwähnt. Er macht etwa den fünften Teil ihres Volumens aus. Die übrigen vier Fünftel bestehen, von geringen Mengen Wasserdampf und Kohlensäure abgesehen, aus **Stickstoff.** Im Gegensatz zum Stickstoff hat man den Sauerstoff auch Lebensluft genannt, weil nur in sauerstoffhaltiger Luft das Leben möglich ist, während es in reinem Stickstoff wie eine Flamme erlischt. Sauerstoff wurde das Gas genannt, weil man es zur Zeit seiner Entdeckung für den wichtigsten Bestandteil der Säuren hielt.

2. **Im Wasser.** Wie Schwefel und Kohle an der Luft zu schwefliger Säure SO_2 und Kohlensäure CO_2 verbrennen, d. h. sich mit dem Sauerstoff der Luft unter Feuererscheinung zu gasförmigen Körpern vereinigen, so verbrennt ein anderes Element, das Wasserstoffgas H, mit schwach leuchtender, aber sehr heißer Flamme zu **Wasser** H_2O (Wasserstoffoxyd). Das Wasser enthält dem Gewicht nach beinahe 90% Sauerstoff.

3. **In der Erdrinde.** Ebenso leicht wie mit Nichtmetallen verbindet sich der Sauerstoff mit Metallen, bald unter glänzender Feuererscheinung (Verbrennen von Zink, Magnesium), bald unter weniger auffallenden Umständen. Zu den Elementen, die mit Schwefel verbunden in der Natur vorkommen, tritt daher jetzt noch eine große Anzahl neuer Elemente, die — mit Sauerstoff allein vereinigt — als **Oxyde**, oder — mit Sauerstoff und Nichtmetallen (wie Schwefel, Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor usw.) verbunden — als

Salze in der Erdrinde auftreten. So ist der Sauerstoff als Gemengteil der Luft und als Bestandteil des Wassers wie auch der meisten in der Erdrinde enthaltenen Mineralien weitaus das verbreitetste aller Elemente.

a) Das Wasser als Mineral.

Eis und Schnee.

1. Von dem **Wasser,** das als Ozean die Erde umspannt und in tausend Quellen und Bächen, Flüssen und Strömen dem Meere zueilt, das von den Meeren in Dampfform aufsteigt und in Wolkengestalt über die Erde hinzieht, um sich wieder als Regen und Schnee auf sie zu ergießen, als von einem Mineral zu sprechen, erscheint seltsam. Daß ihm aber auch in der Mineralogie ein Platz gebührt, leuchtet ein, wenn man an die Wirkungen denkt, die es, im Erdinnern kreisend, unmittelbar oder durch die in ihm gelösten Stoffe (Gase, Salze) als eine der mächtigsten Ursachen **chemischer Umsetzungen** ausübt.

2. Das Wasser dient dabei nicht nur als Lösungsmittel, es ist nicht nur am Werk, vorhandene Mineralien zu zerstören und wegzuführen, sondern nimmt auch am Aufbau neuer Mineralien teil, sei es, daß es einen wesentlichen Teil des Minerals ausmacht, sei es als locker gebundenes „Kristallwasser“. Doch auch von diesem Wasser soll hier nicht die Rede sein, sondern nur von den mineralogischen Eigenschaften, die das Wasser selbst zeigt, wenn es als fester Körper in Form von Eis und Schnee auftritt.

Das Eis. 1. An einem Stück natürlichen Eises können wir wie an jedem andern Mineral die physikalischen Eigenschaften feststellen: Sein spezifisches Gewicht — es ist bekanntlich geringer als das des Wassers (genau 0,9175), seine Härte (zwischen 1 und 2), seine Sprödigkeit (durch Schlag oder Einstechen eines spitzen Instruments), seinen glatten, großmuschligen Bruch, seinen Glasglanz, seine Farblosigkeit und Durchsichtigkeit.

2. Scheiben und dicke Tafeln von Eis bilden sich über stehendem Wasser, bei lang anhaltender Kälte auch in Flüssen und Strömen, in den Polarländern in ungeheurer Ausdehnung auf der Fläche des Meeres. Merkwürdige Formen, den Tropfsteinen in Kalkhöhlen vergleichbar, entstehen, wo rasch bewegtes Wasser über Felsen stürzt (Eiskaskaden) oder frei herabfällt (Eiszapfen). Auch die großen Hagelkörner erinnern in ihrer strahlig-faserigen oder schaligen Struktur an mineralische Gebilde. Mächtige Eismassen entstehen durch Druck aus dem Schnee, der sich im Hochgebirge oder in den Polarländern anhäuft und als Gletscher langsam zu Tal wandert.

Reif und Schnee. 1. Wie der Wasserdampf an kalten Fensterscheiben zu zierlichsten Formen anschießt (Eisblumen), so schlägt er

sich als Reif und Rauhfrost im Freien an allen Gegenständen nieder und bildet jene glitzernden Überzüge, die den entlaubten Wäldern einen so zauberhaften Schmuck verleihen. Aber auch in der Luft nimmt er feste Form an und gelangt in Gestalt feinster Nadeln oder lockerer Schneeflocken zur Erde.

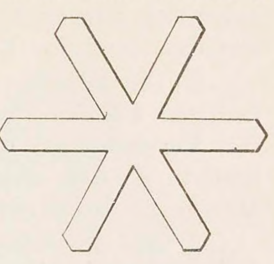
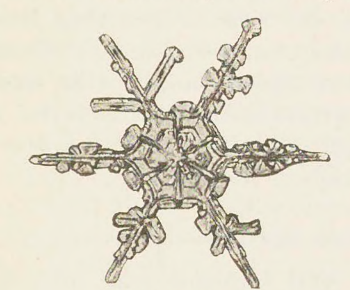


Abb. 87. Schema der **Schneekristalle.**

2. Wie wunderbar mannigfaltig im einzelnen erscheinen die leichten Sternchen gebaut, die zu Flocken geballt aus dem grauen Wolkenmeer zur Erde sinken! Tausende solcher „schwebend" gebildeten Wasserkristalle umspannt die mit Schnee gefüllte Hand; in allen wirkt die Natur nach denselben streng geometrischen Gesetzen (Abb. 88, 89), alle sind aus Eisnädelchen zusammengesetzt, die sich unter Winkeln von 60° zu regelmäßig sechsstrahligen, gefiederten Sternchen gruppieren. — So liegt ein tiefer Sinn darin, daß wir mit dem Wort **Kristall,** das ursprünglich Eis bedeutet (griech. krýstallos,



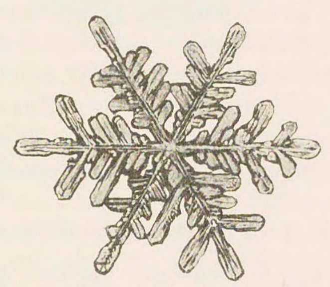


Abb. 88, 89. **Zwei Schneesterne,** stark vergrößert.

von kryein, gefrieren) und dann auf den Bergkristall übertragen wurde, weil man in dem wasserklaren, farblosen Mineral eine Art Eis vermutete, jetzt alle nach geometrischen Gesetzen geformten unorganischen Naturkörper bezeichnen.

b) Die Verbindung des Siliciums mit Sauerstoff.

Die Kieselsäure Si_2O.

A. Chemische Natur und Verbreitung der Kieselsäure.

1. Jedermann kennt den **Quarz,** das weiße oder graue, fett- bis glasglänzende, am Stahl funkende Mineral, das in so vielen Gesteinen als Gemengteil enthalten ist oder sie fast ganz zusammensetzt. Aber erst seit 1810 weiß man, daß der Quarz die Sauerstoffverbindung eines besonderen Elements ist, das mit dem Kohlenstoff gemein-

same Züge aufweist. Weil es der im Kiesel (lat. silex) enthaltene Grundstoff ist, hat man ihm den Namen **Silicium** (Zeichen Si) gegeben. Der Quarz ist also das Oxyd des Siliciums. Man bezeichnet dieses Oxyd SiO_2 aber auch als **Kieselsäure**, ähnlich wie das Oxyd des Kohlenstoffs CO_2 Kohlensäure genannt wird.

2. Die Kieselsäure ist ein fast überall und unter den mannigfachsten Formen und Verhältnissen auftretendes Mineral. Aber auch ihre Verbindungen, die **Silikate**, sind außerordentlich zahlreich und verbreitet, so daß das Silicium nach dem Sauerstoff der in größter Menge in der Erdrinde enthaltene Körper ist.

3. Als unerschöpfliche Vorratskammer der Kieselsäure müssen **die kristallinen Silikatgesteine** gelten, die die ganze Erde wie ein mächtiger Panzer umspannen und in unzugängliche Tiefen reichen. Im Granit, Gneis und Glimmerschiefer, den verbreitetsten dieser Gesteine, ist der Quarz ein wesentlicher, bisweilen der überwiegende Bestandteil. Auch in vulkanischen Gesteinen ist er als Gemengteil verbreitet. Aus der Zersetzung der Silikate gehen große Mengen von in Wasser gelöster Kieselsäure hervor, die sich in Spalten, Klüften in und Höhlungen der Gesteine wieder absetzen, zertrümmerte Gesteinsmassen verkitten oder in mächtigen Adern ganze Gangsysteme erfüllen. Aus der mechanischen Zerstörung quarzhaltiger Gesteine endlich gehen Sande, Sandsteine, Konglomerate und Quarzite hervor, die weniger mineralogisch als geologisch wichtig sind.

B. Die verschiedenen Formen der Kieselsäure.

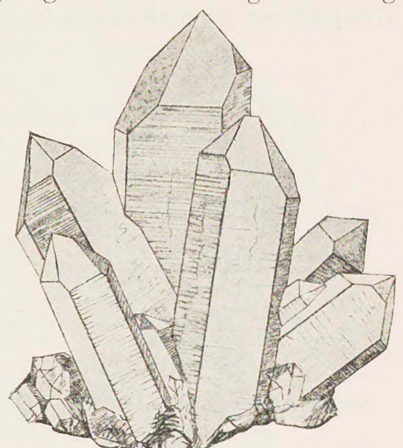
Die Kieselsäure ist das gestalten- und farbenreichste aller Mineralien. In kristallisierter Form nennen wir sie Bergkristall, Amethyst, Quarz. Die dichten Abarten bilden die durch ihre zahllosen Farbenvarietäten ausgezeichnete Gruppe des Chalcedons und der Achate. Aus wasserhaltiger Kieselsäure bestehen die beinahe ebenso mannigfaltigen Abarten der Opale.

1. Die Varietäten des Quarzes.

1. Die schönsten, wasserhellen Quarze heißen **Bergkristalle.** Sie finden sich besonders häufig aufgewachsen in den Klüften quarzreicher kristalliner Gesteine der Zentralalpen (St. Gotthard- und Montblancgebiet, Dauphiné). Sind sie zart rauchbraun (violettbraun) gefärbt, so nennt man sie **Rauchtopase.** Die sechsseitig prismatischen, in Pyramiden endigenden Kristalle (Abb. 90) sind allgemein bekannt; sie können gelegentlich riesige Größe erreichen. Während an aufgewachsenen Kristallen naturgemäß nur an einer Seite Pyramidenflächen auftreten können, zeigen die eingewachsenen (Bergkristalle aus dem Marmor von Carrara, aus Ungarn als „Marmaroscher Diamanten“, aus

Nordamerika) an beiden Enden Pyramiden. — Die Bergkristalle sind reich an Einschlüssen fremder, gleichzeitig gebildeter Mineralien wie Rutil, Eisenglanz, Turmalin, Amiant und Chlorit. Häufig bedeckt auch der Chlorit die Bergkristalle mit einem graugrünen staubartigen Überzug.

2. Eine andere, durch Färbung und Vorkommen ausgezeichnete Varietät des Quarzes ist der **Amethyst** (Tafel III, Fig. 1). Man bezeichnet mit diesem Namen Quarze von zart bis satt violetter, bisweilen fast schwarzer Farbe, die sich gewöhnlich als innerste Lage oder Ausfüllung der Achatmandeln (Tafel III, Fig. 4) vorfinden; sie werden als Schmucksteine gern getragen.

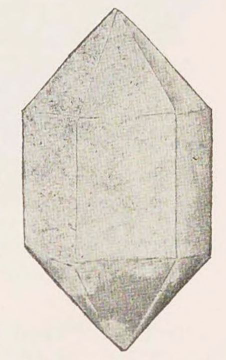

Abb. 90. **Gruppe von Bergkristallen** (St. Gotthard).

3. Als **gemeine Quarze** werden alle Abarten von trüber, grauer, weißer Farbe bezeichnet, sowohl die als Gesteine und Gesteinsgemengteile auftretenden, als die zusammenhängenden Massen oder die bald plumpen, bald lang prismatischen, dreikantig zugespitzten Kristalle der Quarzgänge. — Schön weißer Quarz wird Milchquarz genannt (Abb. 91). Gelb- oder rotbraune, undurchsichtige Quarze, oft in modellartig regelmäßigen Kristallen auftretend, verdanken der Beimengung von Brauneisen ihre Farbe und heißen darum **Eisenkiesel** (Tafel III, Fig. 2). Die Eisenkiesel kommen auch in mächtigen derben Massen lagerartig und als Gangausfüllungen vor.

4. Als besondere Abarten, die nicht in ausgebildeten Kristallen bekannt sind, seien noch der durchscheinend rosenrote Rosenquarz und der dunkelblaue Sapphirquarz erwähnt.

Die Kristallformen des Quarzes.

1. Die Bergkristalle sind wegen der häufigen Verzerrungen zur ersten Orientierung über die Kristallform nicht geeignet. Man wählt dazu besser einen der modellartig ausgebildeten Kristalle des gemeinen Quarzes, wie sie z. B. von Brilon in Westfalen bekannt sind (Abb. 91). Man erkennt leicht ein **Prisma** von regelmäßig sechsseitigem Querschnitt, dessen Enden sechsseitige **Pyramiden** aufgesetzt sind. Wie auch Höhe und Durchmesser des Prismas wechseln mögen: stets zeigen die Pyramidenflächen die gleiche Neigung gegeneinander und gegen


Abb. 91. **Milchquarz** von Brilon (Westf.).

das Prisma. Und während die Pyramiden sehr wohl ohne das Prisma auftreten können, kommen Prismen ohne die Pyramiden (also mit ebener Endfläche) am Quarz niemals vor.

2. So wird mit Recht die **sechsseitige Doppelpyramide** als die **Grundform** der hexagonalen Kristalle betrachtet (Abb. 92). Man erkennt leicht die regelmäßig sechsseitige Grundfläche als Hauptsymmetrieebene, die darauf senkrechte Verbindungslinie der Spitzen als Hauptachse. Auf der Grundfläche stehen zweierlei Nebensymmetrieebenen senkrecht: drei gehen durch die Pyramidenkanten, drei andere halbieren die Winkel zwischen den ersteren (Abb. 93).

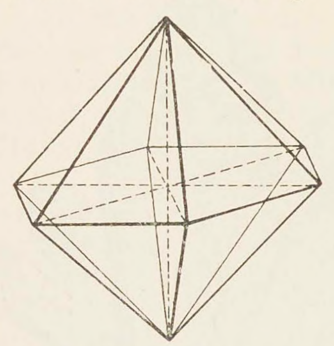


Abb. 92. **Hexagonale Doppelpyramide.**

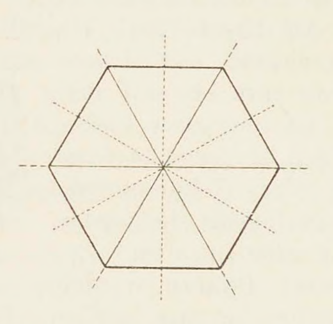


Abb. 93. **Grundriß** der hexagonalen Doppelpyramide.

3. Dieselbe Anzahl von Symmetrieebenen besitzt auch das hexagonale Prisma. Da sich dieses leicht aus Plastulin herstellen läßt, geht man auch beim Modellieren der andern hexagonalen Formen am besten vom Prisma aus. Man erhält die Pyramiden des Quarzes aus dem Prisma annähernd richtig, wenn man den Durchmesser des Prismas ebenso groß als die Höhe nimmt und von der Mitte des Prismas nach den Mittelpunkten der beiden Endflächen je sechs Schnitte führt. (Das genauere Verhältnis 10 : 11 ist an Abbildung 92 zu erkennen.) — Wie sich die regulären Formen alle aus dem Würfel ableiten ließen, so können wir alle einfachen Formen und Kombinationen des hexagonalen Systems aus einem regelmäßig sechsseitigen Prisma durch Schnitte an Kanten und Ecken herstellen. Diejenigen Formen, welche aus dem Prisma ohne Störung der Symmetrie abgeleitet werden können, bilden zusammen den Formenkreis der **vollflächigen hexagonalen Kristalle.**

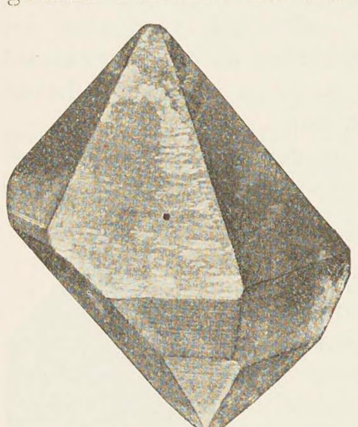


Abb. 94. **Verzerrter Quarzkristall.** Doppelpyramide mit untergeordnetem Prisma.

4. Ist der Quarz nun ein vollflächiges Mineral oder gehört er einer Gruppe mit geringerer Symmetrie an? Wir haben beim Pyrit und bei der Zinkblende gesehen, daß die Beobachtung von Formen niedrigerer Symmetrie die Frage entscheidet. Als solche dürfen natürlich nicht verzerrte Kristalle nach Art von Abbildung 94 gelten, sondern nur solche, an denen gewisse Flächen in gesetzmäßiger Weise unterdrückt sind. So findet man nicht selten an Bergkristallen und Amethysten statt sechs nur drei Pyramidenflächen ausgebildet (Abb. 95), oder die zwischenliegenden Pyramidenflächen auffallend klein (Tafel III, Fig 1), und es fragt sich, was für eine neue Form dies ist. Man sieht sie in Abbildung 96 in Kombination mit dem Prisma*), für sich allein bildet sie einen von sechs Rhomben begrenzten Körper, das **Rhomboëder** (Abb. 97). Die Abbildung 98 zeigt den Zusammenhang zwischen Rhomboeder und Grundpyramide in anderer Weise; zugleich erkennt man, daß sowohl die Hauptsymmetrieebene wie die durch die Pyramidenkanten gehenden Nebensymmetrieebenen verschwunden sind: das Rhomboeder besitzt nur noch die Symmetrieebenen der zweiten Art.

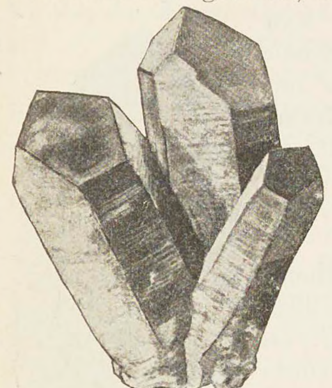


Abb. 95. **Bergkristalle.** Prisma mit Rhomboeder.

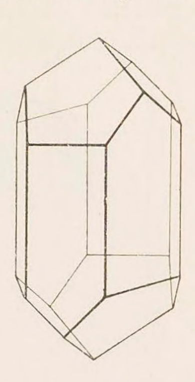


Abb. 96. **Kristallmodell** zu Abb. 95.

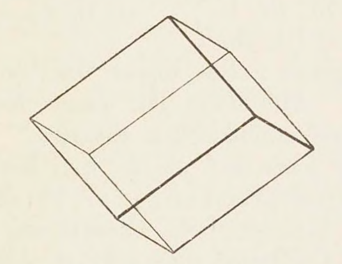


Abb. 97. **Das Rhomboeder,** die wichtigste hemiedrische Form des hexagonalen Systems.

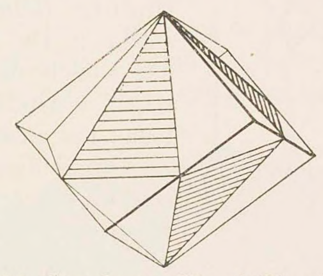


Abb. 98. **Grundpyramide mit Rhomboeder.** (Das Rhomboeder entsteht durch Erweitern der schraffierten Pyramidenflächen.)

*) Die Form ist leicht aus dem Plastulinprisma herzustellen, indem man nur die abwechselnden Pyramidenflächen ausschneidet. Macht man das Prisma so hoch wie die Grundpyramide, so bleiben als Reste der Prismenflächen abwechselnd nach oben und unten gerichtete Dreiecke.

Würde man die in Abbildung 98 weißgelassenen Pyramidenflächen bis zum gegenseitigen Schneiden ausdehnen, so erhielte man ein Rhomboeder, das gegen das erste um 60° gedreht erscheint. Man nennt es das Gegenrhomboeder. Man erkennt in Abbildung 99 die Kombination beider Rhomboeder mit dem Prisma. Sind die Rhomboeder im Gleichgewicht, so entsteht die **scheinbar vollflächige Form** der gewöhnlichen Quarze.

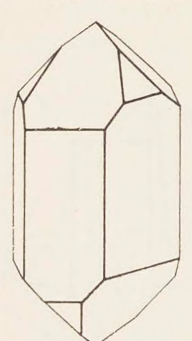


Abb. 99. **Bergkristall.** Anscheinend hemiedrische Kombination.

5. Das Auftreten von Rhomboedern am Quarz nötigt uns also, dieses Mineral als hemiedrisch zu betrachten. Der Quarz würde als der **rhomboedrischen Hemiedrie** angehörig aufzufassen sein, wenn nicht an den Bergkristallen Flächen vorkämen, die auch den letzten Rest von Symmetrie zerstören und uns nötigen, den Quarz als viertelsflächig (tetartoëdrisch) zu bezeichnen. Die Abbildung 100 zeigt das Modell des häufigsten Falles dieser unsymmetrischen Kristallbildung, Abbildung 101 einen Rauchtopas mit mehreren unsymmetrischen Flächen.

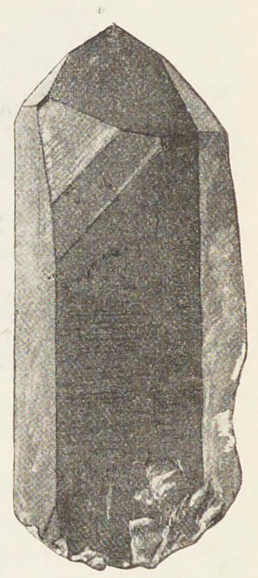


Abb. 101. **Rauchtopas** (St. Gotthard).

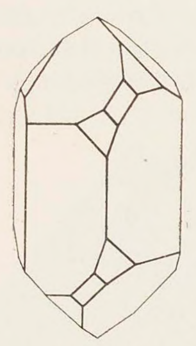


Abb. 100. **Bergkristall.** Unsymmetrische, viertelsflächige Kombination.

6. Schließlich sei noch auf die an den Bergkristallen nie fehlende Querstreifung der Prismenflächen aufmerksam gemacht. Sie ist wie am Pyrit eine Kombinationsstreifung und erklärt sich aus dem schalenförmigen Aufbau der Prismen, den man durch Aufeinandersetzen von gleichgroßen Pyramidenmänteln aus Papier nachahmen kann.

2. Chalcedon und Achat.

1. Neben dem Quarz sind als zweite, weit verbreitete Form der Kieselsäure ihre dichten, keinerlei Andeutung von Kristallisation zeigenden Abarten zu nennen. Die von Natur oder durch Tränken mit Farbstoffen künstlich bunt gefärbten Steine sind unter zahlreichen Namen als Halbedelsteine bekannt.

Farblos, grau oder bläulich und durchscheinend ist der **Chalcedon,** blutrot durch Eisenoxyd der **Karneol,** apfelgrün durch geringen Nickel-

gehalt der **Chrysopras**, trübdunkelgrün das **Plasma**, dunkelgrün mit kleinen roten Flecken der **Heliotrop** (Tafel III, Fig. 5), gelb und rot der **Jaspis.** Lagenweis verschieden gefärbte (Abb. 102, 103 und Tafel III, Fig. 4), oft auch zertrümmerte und wieder durch Kieselsäure verkittete Chalcedone heißen **Achat** (Festungs-, Moos-, Trümmerachat), abwechselnd schwarz- und weißgefärbte **Onyx**, rot- und weißgefärbte **Sardonyx.** Onyx und Sardonyx waren schon im Altertum ein für Siegelsteine und Gemmen beliebtes Material. Einen strahligen Achat stellt Fig. 3 auf Tafel III dar.

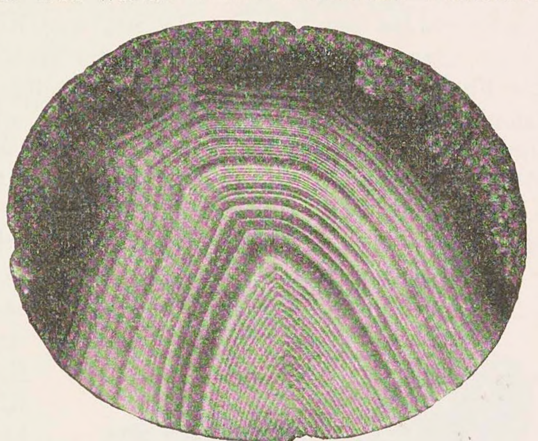


Abb. 102. **Achat** (geschliffen, mit besonders feiner Schichtung).

2. Am häufigsten treten die Achate als Ausfüllung rundlicher Hohlräume, als sogenannte „Achatmandeln“ im Melaphyr und Basalt auf. Diese vulkanischen Gesteine waren bei ihrem Ausbruche mit großen Mengen von überhitztem Wasserdampf beladen, der aus der zähen Lava nur schwer einen Ausweg fand und in dem erstarrenden Gestein zahllose Blasen hinterließ. Später drang auf feinen Sprüngen und Spalten des Gesteins Wasser in die Hohlräume ein, das reichliche Mengen von Kieselsäure gelöst enthielt, die hauptsächlich aus der langsamen Zersetzung des Gesteins herrührten und sich nun Schicht um Schicht an den Wänden der Hohlräume absetzten. Dem mitgeführten, stets wechselnden Gehalt an färbenden Oxyden entsprechen die wechselnden Farben, der in kürzeren oder längeren Zwischenräumen eintretenden Unterbrechung des Vorgangs die Bildung der Schichten. Den Abschluß des Prozesses bildet meistens die Abscheidung von kristallisierter Kieselsäure (Quarz und Amethyst).

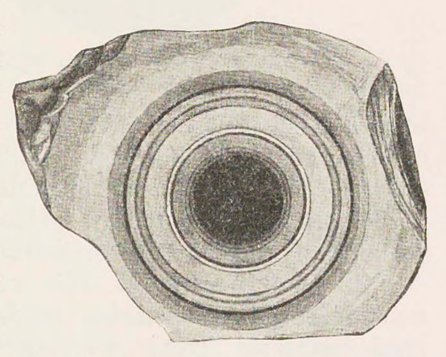


Abb. 103. **Augenstein.** Die verschieden gefärbten Schichten erscheinen durch den Schliff als konzentrische Kreise.

Oberstein und Idar, zwei Städtchen im Fürstentum Birkenfeld, sind berühmte Fundstellen solcher Mandeln und zugleich der Sitz einer alten

Achatindustrie. Heute wird der größte Teil des Rohmaterials aus Brasilien bezogen.

3. Dem gemeinen Quarz entsprechen die unrein gefärbten, durch Verkieselung toniger und kalkiger Gesteine oder vulkanischer Tuffe und Ergußgesteine entstehenden Massen und Konkretionen, die **Hornsteine** (grau, braun, rot), der **Kieselschiefer** (durch kohlige Substanz schwarz), die **Feuersteine** (schwarz, grau, rot, gelb). Bei den Feuersteinen, knolligen Ausscheidungen der Schreibkreide, entstammt die Kieselsäure den kieseligen Skelettgebilden niederer Meeresbewohner. Sie besitzt hier teilweise schon die Eigenschaften des Opals.

3. Wasserhaltige Kieselsäure: Opal.

Amorphe, d. h. wie Gallert, Leim, Glas erstarrte, wasserhaltige, in heißer Lauge (Ätzkali) lösliche Kieselsäureabscheidungen von geringerer Härte heißen **Opal.** Sie finden sich vorwiegend als Kluftfüllung in jungen vulkanischen Gesteinen und als Absätze an heißen Quellen.

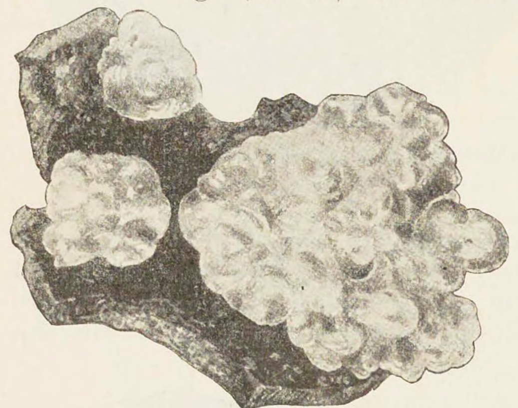


Abb. 104. **Hyalit (farbloser Opal)** vom Kaiserstuhl.

1. Durch prachtvolles Farbenspiel zeichnet sich der **Edelopal** aus: grüne, blaue, violette, rote und gelbe Töne, den metallisch leuchtenden Farben der Kolibrifedern vergleichbar, entzücken bei jeder neuen Stellung des Steins das Auge. Der berühmteste, altbekannte Fundort des edlen Opals ist Czerwenitza in Ungarn; neuerdings liefert Queensland herrliche Opale mit vorwiegend bläulichen Farben (Tafel III, Fig. 6). Aus Mexiko stammt der gelbrot schimmernde **Feueropal.** Am Kaiserstuhl und in böhmischen Basalten findet sich der farblos wasserhelle, an ausgequollenes Kirschgummi erinnernde **Hyalit** (Abb. 104).

2. **Gemeine Opale,** trüb und durchscheinend, mit ausgezeichnet muscheligem Bruch, treten in den verschiedensten Farben auf (weiß, grau, gelb, rot, grün). Besonders häufig ist Opalsubstanz als Absatz heißer Quellen (Kieselsinter), als Versteinerungsmittel von Holz, dessen Struktur aufs vollkommenste erhalten bleibt, und als Baustoff für die Skelettgebilde der Diatomeen, Radiolarien und Kieselschwämme (Kieselguhr der Lüneburger Heide; Feuersteine).

c) Die Gruppe des Zinnsteins.

Hierzu gehören die isomorphen Mineralien Rutil, Zirkon und Zinnstein sowie die mit Rutil chemisch übereinstimmenden Mineralien Anatas und Brookit.

1. Die Titansäuremineralien.

Ein stets vorhandener Begleiter der Kieselsäure in Graniten und andern Tiefengesteinen, ganz besonders aber in den kristallinen Schiefern ist das Oxyd des Elements Titan, die **Titansäure TiO_2.** Als eigentlicher Gesteinsgemengteil tritt sie stets in der Form des Rutils auf; Kluftmineralien sind der Anatas und der Brookit.

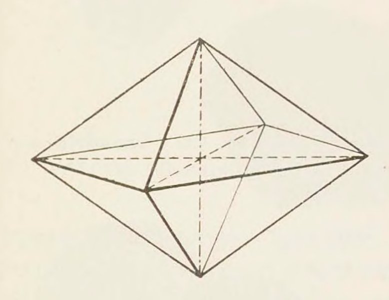


Abb. 105. **Quadratische Doppelpyramide des Rutils** mit kurzer Hauptachse.

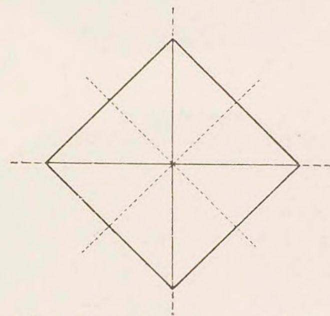


Abb. 106. **Grundriß** der quadratischen Doppelpyramide des Rutils.

a) Der **Rutil.** 1. Der Rutil hat seinen Namen von der fuchs- bis tief kirschroten Farbe (lat. rutilus, rötlich). Als Gesteinsgemengteil tritt er gewöhnlich in Form winziger Nadeln auf. Lange, büschelförmig oder regellos durcheinander gewachsene Nadeln von prächtig gelbroter Farbe und metallischem Glanz finden sich in Bergkristallen eingewachsen (Alpen, Madagaskar). Rubinrote flache Kristalle sitzen in regelmäßiger Verwachsung auf Eisenglanztafeln. Dick prismatische, flächenreiche Einzelkristalle und Zwillinge sind in kristallinen Schiefern verbreitet (Tafel III, Fig. 7).

Kristallformen. 1. Rutil, Zirkon und Zinnstein bilden eine isomorphe Mineralgruppe; ihre Kristalle gehören dem **quadratischen System** an. Grundform dieses Systems ist eine quadratische Doppelpyramide, vom Oktaeder dadurch unterschieden, daß die aufrechte Achse stets von den horizontalen verschieden ist (Abb. 105, 110). Dadurch vermindert sich die Zahl der Symmetrieebenen von neun auf fünf: es ist nur noch **ein** quadratischer Schnitt vorhanden, die Hauptsymmetrieebene der Kristalle (Abb. 106), und durch die senk-

rechte Achse (Hauptachse) gehen vier Nebensymmetrieebenen von zweierlei Art, die rhombische Schnitte geben.

2. Am Rutil tritt die Grundpyramide stets nur als Abschluß quadratischer Prismen auf (Abb. 107). Von solchen geht man auch am besten aus, wenn man sich Modelle der hierher gehörenden Mineralien schneiden will.*) Häufig sind die Prismen- und Pyramidenkanten

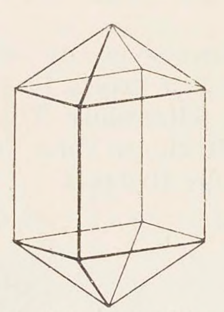


Abb. 107. **Kristallform des Rutils.** Quadratisches Prisma mit Pyramide.

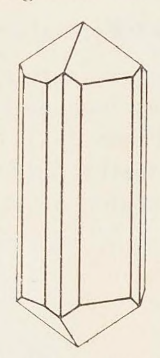


Abb. 108. **Rutilkristall** mit 8seitigem Prisma.

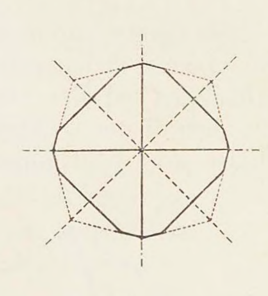


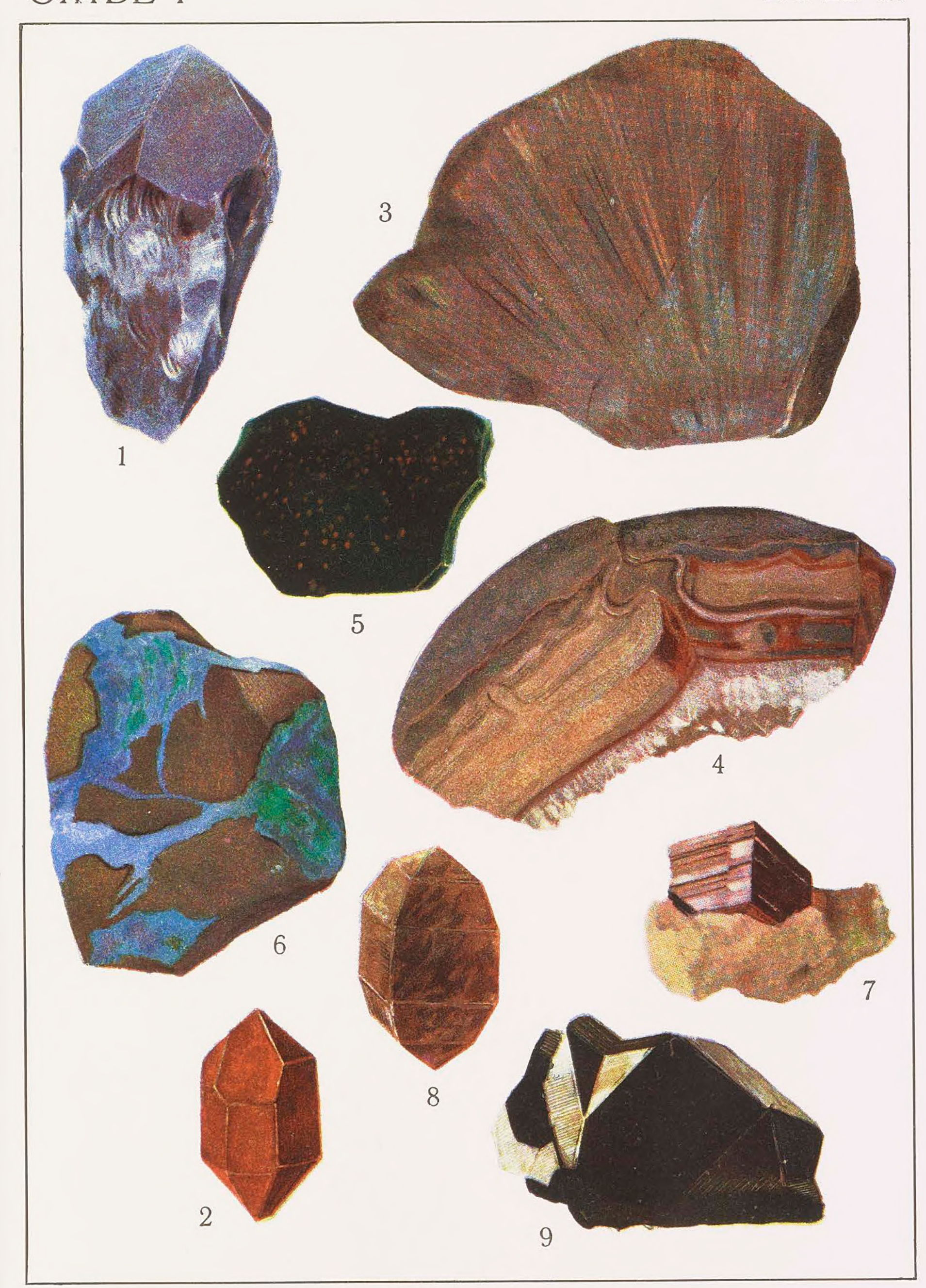
Abb. 109. **Grundriß** des Rutilkristalls der Abb. 108.

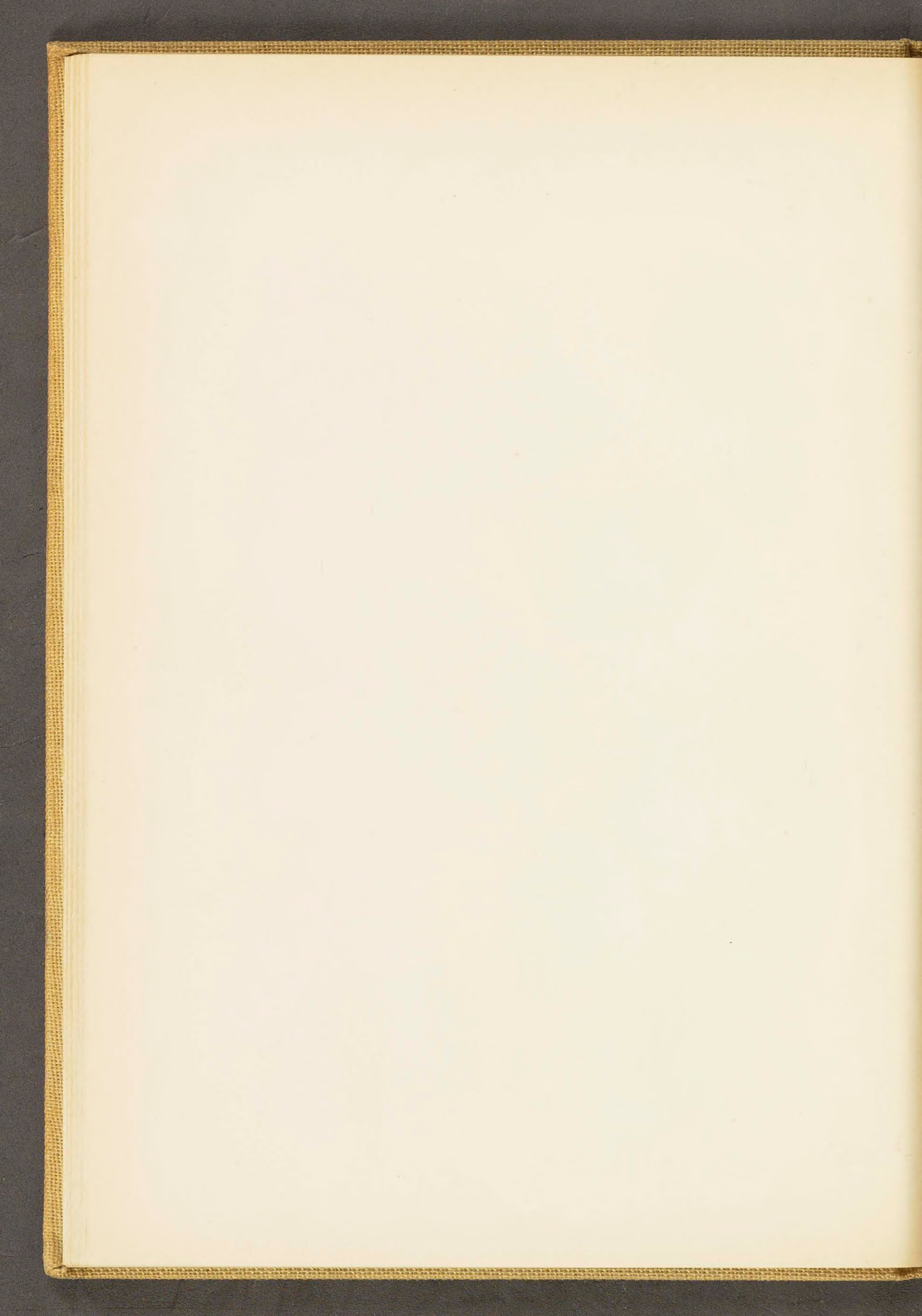
durch Prisma und Pyramide „zweiter Stellung“ gerade abgestumpft (vgl. Zinnstein, Abb. 113). Auch symmetrisch achtseitige Prismen können zu den quadratischen hinzutreten und mit je zwei Flächen die Kanten des quadratischen Prismas ersetzen (Abb. 108). Stets zeigen die Querschnitte quadratische Symmetrie (Abb. 109, 114).

*) Das richtige Verhältnis für die Neigung der Pyramidenflächen kommt heraus, wenn man die Höhe etwa gleich der Hälfte der quadratischen Prismenkanten nimmt.

Tafel III. Oxyde I.

1. **Amethyst** von Brasilien.
   Ungleiche Ausbildung der Rhomboeder, muschliger Bruch.
2. **Eisenkiesel** von St. Jago (Spanien). Verzerrter Kristall.
3. **Strahliger Achat** von Chemnitz, geschliffen.
4. **Achatmandel** von Oberstein a. d. Nahe.
   Bruchstück. Man erkennt die Sprungstelle, an welcher die Kieselsäure in den Hohlraum eingedrungen ist. Inwendig Amethyst.
5. **Heliotrop** aus Brasilien, geschliffen. Dunkelgrünes Plasma, mit kleinen Flecken von Karneol durchsetzt.
6. **Edler Opal** von Queensland (Australien).
7. **Rutil** von Pfitsch (Tirol). Knieförmiger Zwilling.
8. **Zirkon** von Renfrew (Ontario).
   Kombination von Prisma und zwei Pyramiden.
9. **Zinnstein** von Schlaggenwald (böhm. Erzgebirge). Zwilling.


1
2
3
4
5
6
7
8
9



b) **Anatas** und **Brookit.** Auch der Anatas kristallisiert quadratisch; am bekanntesten sind die spitzen, blauschwarzen Doppelpyramiden aus dem Gotthardgebiet, von deren Form der Name des Minerals herrührt (griechisch anátasis = Dehnung) (Abb. 110). Auch braune, stumpf pyramidal endigende Anatase sind nicht selten (Binnental, Abb. 111). Da das Achsenverhältnis dieser Pyramiden völlig von dem des Rutils verschieden ist, womit auch eine Änderung der physikalischen Eigenschaften einhergeht, muß der Anatas als eine besondere Ausbildungsform der Titansäure gelten. Eine dritte ist der rhombische Brookit; die Titansäure ist also trimorph (dreigestaltig).

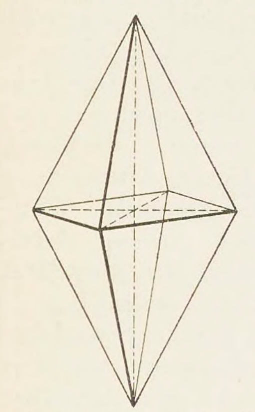


Abb. 110. **Anataskristall,** gewöhnliche Form.

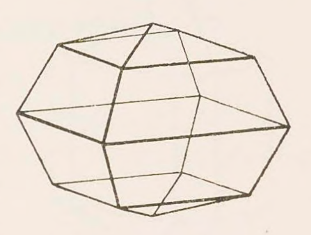


Abb. 111. **Anataskristall** mit stumpfer Pyramide.

2. Der Zirkon SiO_2ZrO_2.

1. Als weiterer mikroskopischer Gemengteil tritt in kristallinen Gesteinen und Schiefern der **Zirkon** auf, ein Mineral, das zu gleichen Teilen aus dem Oxyd des Elements Zirkonium Zr und aus Kieselsäure besteht, also die Formel $SiO_2 \cdot ZrO_2$ hat. In besonders großer Menge als Gesteinsgemengteil ist der Zirkon im Zirkonsyenit (Norwegen, Ural, Nordamerika) enthalten.

2. Der gemeine Zirkon ist graubraun bis schwarzbraun, undurchsichtig. Als edlen Zirkon oder **Hyazinth** bezeichnet man die durchsichtig gelbroten Steine, die wegen ihrer Farbe, Härte (7,5) und hohen Lichtbrechung geschätzte Edelsteine sind. Die quadratischen Kristalle (Abb. 112) sind stets scharf und rundum ausgebildet; zwischen Prisma und Grundpyramide sind häufig steilere Pyramiden eingeschaltet (Tafel III, Fig. 8).

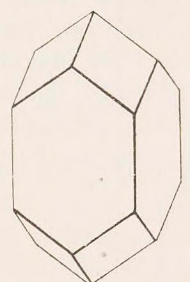


Abb. 112. **Zirkonkristall.** Pyramide erster mit Prisma zweiter Stellung.

3. Der Zinnstein SnO_2.

1. Der **Zinnstein** oder **Kassiterit** (von kassíteros, dem griechischen Wort für Zinn), das Ausgangsmaterial für die Gewinnung des Zinns und der Bronze, auf deren Bedeutung für die menschliche Kultur (Waffen, Werkzeuge und Schmuck des Bronzezeitalters) schon beim Kupfer hingewiesen wurde.

Nur an wenigen Punkten der Erde wird Zinnstein gefunden. Seine Härte (6—7), seine chemische Unangreifbarkeit und sein hohes spezifisches Gewicht (7) machen ihn zu einem ausgezeichneten Seifenmineral, das auch an der Farbe, einem glänzenden Schwarz

oder Schwarzbraun, neben dem nur ausnahmsweise gelbbraune Töne vorkommen, leicht zu erkennen ist (Tafel III, Fig. 9). Die Seifenlagerstätten leiteten zu seinen primären Lagerstätten hin, ihre Entdeckung hatte die Einführung des Bergbaus zur Folge (Seifenzinn — Bergzinn).

Neben die Zinnländer des Altertums, von denen Cornwall in England heute noch wichtig ist, traten im Mittelalter Sachsen und Böhmen (Graupen, Geyer, Altenberg, Schlaggenwald, Zinnwald). Diese Fundstellen sind aber jetzt nahezu erschöpft.

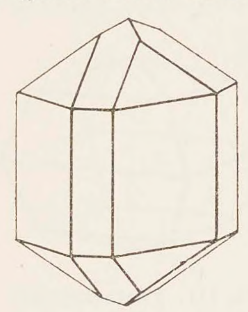


Abb. 113. **Zinnsteinkristall.** Gewöhnliche Kombination.

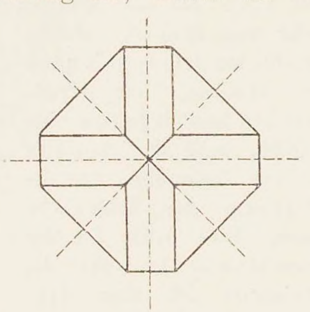


Abb. 114. **Grundriß** des Kristalls Abb. 113.

Für die Südasiaten und Chinesen war Malakka seit den ältesten Zeiten das Zinnland. Seine Seifen liefern jetzt noch die Hälfte alles Zinns. Seit dem 18. Jahrhundert ist Banka, im 19. Bilitong hinzugekommen, auch aus China selbst kommen große Mengen Zinn. Weitere Fundstätten sind Bolivien und Tasmanien.

2. Fast überall, wo man die ursprünglichen Lagerstätten des Zinnsteins kennt, ist sein Auftreten an vulkanische Gesteine, besonders an Granite geknüpft, die durch reichliche Zufuhr von Kieselsäure und Zerstörung des Feldspats eine eigentümliche Umwandlung erlitten haben. Der Zinnstein bildet darin fein verteilte Einsprengungen oder erfüllt mit einer ganz gesetzmäßig auftretenden Mineralgesellschaft — mit Flußspat, Apatit, Topas, Turmalin, Lithionglimmer und seltenen Erzen — die dichtgedrängten Risse und Klüfte, die bei der Abkühlung des schmelzflüssigen Gesteins sich bildeten. Da die Begleitmineralien durch Einwirkung flüchtiger Bor- und Fluordämpfe auf die Granitmineralien entstanden sind (vgl. S. 75 und S. 76), muß auch der Zinnstein ähnlichen Vorgängen, also dem Emporsteigen flüchtiger Zinnverbindungen und deren Oxydation, seine Entstehung verdanken.

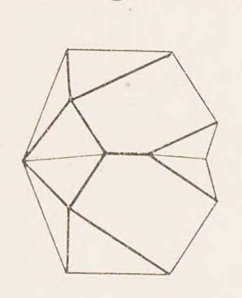


Abb. 115. **Zwillingskristall** von Zinnstein.

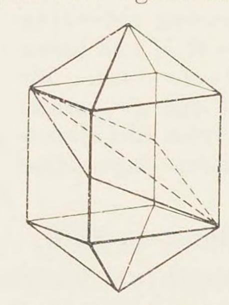


Abb. 116. **Modell** zur Herstellung eines Zinnsteinzwillings.

3. Die Kristalle des Zinnsteins haben gewöhnlich die Form der Abbildung 113. Sie bilden aber fast stets **Zwillinge** (die „Visiergraupen“ der Bergleute; Abb. 115). Man erhält ein Modell, wenn man einen Plastulinkörper wie Abbildung 116 parallel einer Pyramidenkante halbiert und die eine Hälfte nach Drehung um 180° wieder mit der andern zusammenklebt.

d) Die Verbindung des Kupfers mit Sauerstoff.

Das Rotkupfererz Cu_2O.

1. Wo Kupferkies und andere sulfidische Kupfererze verwittern, bilden sich (neben Brauneisen) **Rotkupfererz** Cu_2O, sowie die kohlensäure- und wasserhaltigen Verbindungen Malachit und Kupferlasur (S. 99). In derben Massen ist das Erz rot- bis schwarzbraun; die Kristalle, reguläre Oktaeder oder Kombinationen mit dem Rhombendodekaeder (Abb. 117), besitzen cochenillerote, d. h. dunkelkirschrote Farbe und metallischen Glanz, die Lichtbrechung ist stärker als beim Diamant. Von dem ähnlichen Rotgültigerz ist das Rotkupfererz dadurch leicht zu unterscheiden, daß es in Ammoniak mit dunkelblauer Farbe löslich ist. Auf Kohle läßt es sich mit dem Lötrohr leicht zu Kupfer reduzieren.

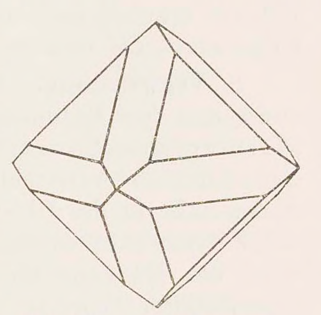


Abb. 117. Kristallform des **Rotkupfererzes.**

3. Gefunden wird das Erz, wie schon angedeutet wurde, in den oberen, der Verwitterung ausgesetzten Teilen, in dem sogen. „eisernen Hut“ aller Kupferlagerstätten, in größeren Mengen im Ural und Altai, in Chile, Peru, Bolivia und in Südaustralien. Die schönen Einzelkristalle von Chessy bei Lyon (Tafel IV, Fig. 1) stecken im Ton und sind gewöhnlich an der Oberfläche oder durch die ganze Masse hindurch in Malachit verwandelt.

e) Die oxydischen Manganerze.

Der Braunstein MnO_2 und der Manganit $Mn_2O_3 . H_2O$.

1. Als Erze für Mangangewinnung kommen nur die oxydischen Manganmineralien in Betracht. Am verbreitetsten ist die unter dem Namen **Braunstein** bekannte Verbindung MnO_2; sie ist das Endprodukt der Verwitterung aller andern manganhaltigen Mineralien. Von dem derben oder dichten, graubraunen bis schwarzen Braunstein unterscheidet man den blauschwarz schimmernden, in nierig-traubigen oder knolligen Bildungen auftretenden **Psilomelan** (das Hartmanganerz, Härte

5—6; Tafel IV, Fig. 2), den wirrfaserigen oder stengeligen schwarzen **Pyrolusit** (das Weichmanganerz, Härte 2—2,5) und den leichten erdigen, schokoladenbraun abfärbenden Manganschaum oder **Wad.** Von andern oxydischen Manganmineralien sei noch der in glänzend schwarzen rhombischen Prismen kristallisierende **Manganit** $Mn_2O_3 . H_2O$ genannt. Von ähnlichen Eisenerzen (Rot- oder Brauneisen) unterscheiden sich diese Mineralien durch den schwarzen Strich.

2. **Chemische Kennzeichen.** Die geringste Menge eines Manganerzes genügt, um die Boraxperle intensiv violett zu färben. Auch Glas wird durch Mangan violett gefärbt, eisenhaltiges Glas (Flaschenglas) wird durch Manganzusatz farblos. (Der Name Pyrolusit, d. h. im Feuer reinigend, erinnert an diese Verwendung des Mangans.) Noch sicherer erkennt man den Mangangehalt eines Minerals an der grünen Schmelze, die man mit Soda auf Platinblech erhält.

3. **Verwendung.** Starkes Erhitzen treibt einen Teil des Sauerstoffs aus dem Braunstein aus, er kann darum ohne weiteres zur Darstellung des Sauerstoffs benützt werden. Erwärmt man ihn mit Salzsäure, so entwickelt sich Chlor. Zur Darstellung des Chlors und Sauerstoffs, in der Glasindustrie und Medizin ist der Braunstein schon lange verwendet worden; in den letzten Jahrzehnten hat die Verwendung des Mangans für die Eisenfabrikation starke Nachfrage und ausgedehnten Bergbau veranlaßt.

4. **Vorkommen.** Außer auf Erzgängen, wo sie mit Manganspat und Eisenspat zusammen auftreten, kommen die oxydischen Erze in ausgedehnten Lagern in verschiedenen Formationen vor, in kristallinen Schiefern, im Kohlenkalk, im Zechstein (Odenwald) und in jüngeren Ablagerungen. Auch auf dem Boden der Tiefsee sind Manganknollen verbreitet. In Form moosartiger schwarzer Zeichnungen, die oft für Versteinerungen gehalten werden (Mangandendriten), ist Manganoxyd auf den Kluftflächen fast aller Gesteine häufig anzutreffen.

f) Die oxydischen Eisenerze.

Für den Hochofenprozeß sind vier Eisenerze von Bedeutung: das Magneteisen Fe_3O_4, das Roteisenerz Fe_2O_3, das Brauneisenerz $2 Fe_2O_3 . 3 H_2O$ und der Eisenspat $FeCO_3$ (S. 94). Alle kommen in mächtigen Lagern vor.

1. Das Magneteisen Fe_3O_4.

1. Das **Magneteisen** ist das reichste Eisenerz. Es hat metallische, „eisenschwarze“ Farbe und schwarzen Strich. Derbe, längere Zeit der Luft ausgesetzte (ausgewitterte) Stücke besitzen die Kraft, Eisenfeile und kleinere eiserne Gegenstände anzuziehen. Schon im

Altertum war diese merkwürdige Kraft bekannt, und ihre Entdeckung wird von Plinius einem Hirten Magnes zugeschrieben. Die erste wissenschaftliche Untersuchung des **Magnetismus** verdankt man dem Engländer Gilbert, dem Leibarzt der Königin Elisabeth.

2. Das Magneteisen kristallisiert regulär in Oktaedern, seltener in Rhombendodekaedern oder in Kombinationen beider Formen (Tafel IV, Fig. 2). **Zwillingsverwachsungen** sind häufig und können wie beim Zinnstein leicht im Modell nachgeahmt werden. Man halbiert ein Oktaeder parallel einer seiner Flächen, wie dies in Abb. 118 angedeutet ist, dreht dann eine Hälfte um 180° (oder 60°) und klebt sie mit der andern wieder zusammen. Die Schnittfläche ist ein regelmäßiges Sechseck; nach der Drehung erhält man einen dicktafeligen Körper mit drei einspringenden Winkeln (Abb. 119). Die in derselben Weise hergestellten Dodekaederzwillinge zeigen, da der Schnitt senkrecht durch die Kanten geht, keine einspringenden Winkel.

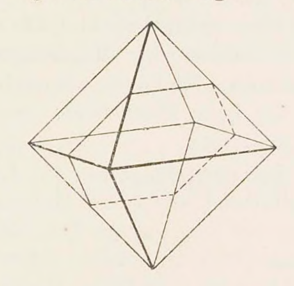


Abb. 118. **Modell** zur Herstellung eines Oktaederzwillings.

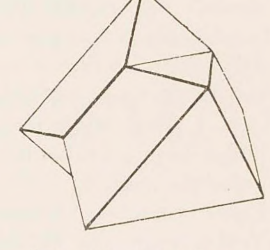


Abb. 119. **Oktaederzwilling** nach dem „Spinellgesetz".

3. **Arten seines Vorkommens.** Unendliche Mengen von Magneteisenkriställchen sind im Basalt, Melaphyr und andern vulkanischen Gesteinen ausgeschieden. Sie bedingen mit andern eisenreichen Mineralien die dunkle Färbung und das hohe spezifische Gewicht dieser Gesteine. Sie können sich stellenweise in solcher Masse ausscheiden, daß zusammenhängende Lager oder Stöcke und ganze Berge aus körnigkristallinem Magneteisenerz entstehen (der Magnetberg im östlichen Ural). In ähnlicher Weise — bald fein verteilt, bald in modellscharf ausgebildeten Kristallen, bald zu selbständigen Linsen und Lagern anschwellend — findet sich das Magneteisen in kristallinen Schiefern, in Gneisen und in körnigem Kalk. Besonders großartige Magneteisenlager dieser Art werden im mittleren Schweden, in Norwegen, in den Vereinigten Staaten und in Kanada abgebaut.

Alle Vorkommnisse weisen darauf hin, daß das Magneteisen zu seiner Bildung hohe Temperatur oder hohen Druck erfordert. Ein direkter Beweis dafür ist die häufige Umwandlung von Roteisenerz in Magneteisen, wenn Roteisenerzlager von vulkanischen Gesteinen durchsetzt werden. Magneteisen ist also hier ein typisches Kontaktmineral (vgl. S. 42). Umgekehrt kann auch Magneteisen durch

Aufnahme von Sauerstoff in Roteisen übergehen; die oktaedrischen, aus Magneteisen hervorgegangenen Roteisenkristalle, die man bisweilen findet, haben nach dem Kriegsgott Mars den Namen Martit erhalten.

Anhang: **Die Spinellgruppe.**

Schreibt man die Formel des Magneteisens $F_3O_4 = FeO . Fe_2O_3$, so wird seine Verwandtschaft mit einer Gruppe von Mineralien deutlich, die zwei verschiedene Metalloxyde enthalten und ebenfalls oktaedrisch kristallisieren. Sie werden (mit Einschluß des Magneteisens) nach einem zu dieser isomorphen Gruppe gehörigen Edelstein als die **Spinellgruppe** bezeichnet. Alle bilden Zwillinge von der beim Magneteisen beschriebenen Art; man nennt sie daher auch Spinellzwillinge.

1. Dem Magneteisen am nächsten steht das **Chromeisen** $FeO . Cr_2O_3$. Es bildet körnig-kristalline, glänzend schwarze Massen in Olivin- und Serpentingesteinen (vgl. S. 122) und ist das einzige Erz, das zur Gewinnung des dem Eisen ähnlichen Chrommetalls (Cr) und seiner zahlreichen, technisch wertvollen Verbindungen in Betracht kommt. Rußland (Ural), Türkei und Griechenland, Neucaledonien sind die wichtigsten Produktionsländer.

2. Zinkhaltig sind die großen Oktaeder der Mineralien Franklinit $(Zn, Mn)O . Fe_2O_3$ und Zinkspinell $ZnO . Al_2O_3$, die auf einer Kontaktlagerstätte in New Jersey mit Rotzinkerz ZnO zusammen auftreten. Zinkspinell bildet sich auch bei der Destillation des Zinks durch Einwirkung der Zinkdämpfe auf die Tonmasse der Zinkmuffeln.

3. Ebenfalls ein Kontaktmineral ist der eigentliche **Spinell** $MgO . Al_2O_3$, der als edler Spinell in verschiedenen roten Abänderungen ein geschätzter Edelstein ist (Härte 8), aber auch, durch Eisen und Chrom gefärbt, in blauen, grünen und schwarzen Oktaedern gefunden wird. Besonders bekannt ist der schwarze Pleonast von Monzoni (Fassatal).

2. Das Roteisenerz Fe_2O_3.

Den mannigfach verschiedenen Bildungsumständen des Eisenoxyds Fe_2O_3 entsprechend unterscheidet man eine Reihe von mineralogischen Varietäten. Allen gemeinsam ist (abgesehen von der chemischen Zusammensetzung) der blutrote bis rotbraune Strich und das spezifische Gewicht (um 5); die normale Härte 6 des kristallinen Erzes kann bis auf 1 (bei den erdigen Roteisenbildungen) herabsinken.

A. Die kristallisierten oder deutlich kristallinen Abarten des Roteisenerzes.

1. Ihres lebhaften Metallglanzes wegen werden sie als **Eisenglanz** und **Glanzeisenerz** bezeichnet. Die Farbe der Kristalle gleicht poliertem Eisen, ist also stahlgrau, stahlblau, eisenschwarz, häufig auch mit bunten Anlauffarben; die kristallinen Massen sind gewöhnlich dunkler, der Strich auf der Porzellantafel stets rot.

2. Berühmte Fundstätten sind die in alten Schiefergesteinen mit Magneteisen zusammen auftretenden Lager von Schweden und Norwegen, die ähnlich zusammengesetzten ungeheuren Lager auf der Michiganhalbinsel (Jahresproduktion über 20 Millionen Tonnen Erz!), die schon von den Römern ausgebeuteten Lager auf Elba, sowie die von Framont im Elsaß. In feinschuppiger Form, als **Eisenglimmer**, bildet der Eisenglanz mit Quarz zusammen den Eisenglimmerschiefer und erfüllt die Zwischenräume von Granit- und Porphyrbreccien. Als vulkanisches Sublimationsprodukt findet er sich vielfach auf Laven (Einwirkung von Wasserdampf auf Eisenchlorid erzeugt Eisenglanz und flüchtige Salzsäure).

3. **Charakter der Kristalle.** Von den genannten Lagerstätten, besonders von Elba, stammen die prächtigen Eisenglanzkristalle, die

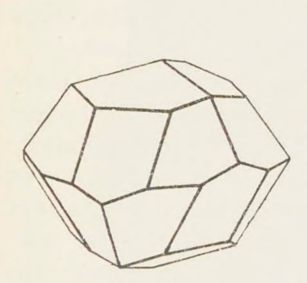


Abb. 120. **Eisenglanzkristall** aus Elba. Rhomboeder und Pyramiden.

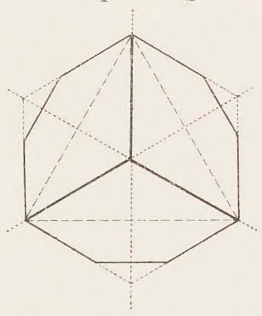


Abb. 121. **Grundriß** eines Eisenglanzkristalls.

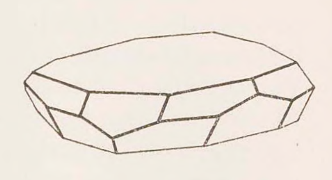


Abb. 122. **Tafelförmiger Eisenglanz** (durch Vorherrschen der Endfläche)

wir in den Sammlungen bewundern. Sie gehören dem hexagonalen System an, und zwar der rhomboedrischen Abteilung. Meist sind es flächenreiche, zu Gruppen und Drusen vereinigte Kristalle nach Art der Abbildung 120. Nur selten ist das Prisma an den Kristallen entwickelt; um so wichtiger wird die zur Hauptachse senkrechte Endfläche. Sie ist je nach Umständen drei-, sechs- und neunseitig begrenzt, stets aber dreifach symmetrisch gestaltet (Ab. 121). Sie kann derart vorherrschen, daß die Kristalle breit tafelförmig werden und die andern Flächen nur noch schmale, schiefe Ränder bilden (Abb. 122). Schöne einzelne Tafeln oder zu büschelig sechsseitigen Aggregaten vereinigte Bildungen, die sogen. Eisenrosen (Abb. 123), werden am St. Gotthard, bei Tavetsch und Cavradi, zwischen Bergkristallen, Adularen usw. gefunden.

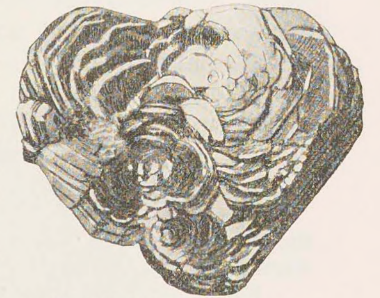


Abb. 123. Eine **Eisenrose** von Tavetsch am St. Gotthard.

Diese Tafeln sind noch dadurch merkwürdig, daß sie mit Rutilkristallen bedeckt sind, deren Achsen stets senkrecht zur Kombinationsstreifung orientiert sind. Eine noch innigere chemische Vereinigung von Titansäure und Eisenoxyd stellt das Titaneisen $FeTi_2O_3$ vor, das dem Eisenglanz ähnliche Kristalle bildet.

B. Die derben Arten des Roteisenerzes.

1. Ebenso häufig als das Glanzeisenerz ist der feinfaserige, dichte bis erdige, graurote bis blutrote **Roteisenstein** (auch Hämatit, d. h. Blutstein; Tafel IV, Fig. 4). Die strahlig faserigen, auf Erzgängen und Lagern gewonnenen Abarten haben kugelige, nierenförmige, traubige, glatte Oberfläche mit metallischem Glanz und heißen **roter Glaskopf.** Gute Stücke werden ähnlich wie Achat verschliffen und nehmen dabei blauschwarze Farbe und schöne Politur an. Auch natürliche Rutschflächen, die entstehen, wenn bei Erdbewegungen zwei Stücke unter starkem Druck aneinander gleiten, zeigen spiegelnden Metallglanz.

2. Der rote Glaskopf läßt sich durch seinen blutroten oder braunroten Strich von den ähnlichen Brauneisensteinbildungen (brauner Glaskopf) stets unterscheiden. Schärfer tritt die eigentümliche Farbe beim dichten, erdigen und oolithischen (d. h. nach Art von Fischrogen aus feinsten Kügelchen zusammengesetzten) Roteisenerz hervor. Solche Vorkommnisse, vielfach mit Ton, Kalk, Quarz verunreinigt, bilden weit ausgedehnte Lager, deren Entstehung aus Brauneisenlagern (durch Wasserverlust) oder aus Eisenspat und Kalk (durch langsame Verdrängung der Kohlensäure und des Kalks) nicht selten nachgewiesen werden kann.

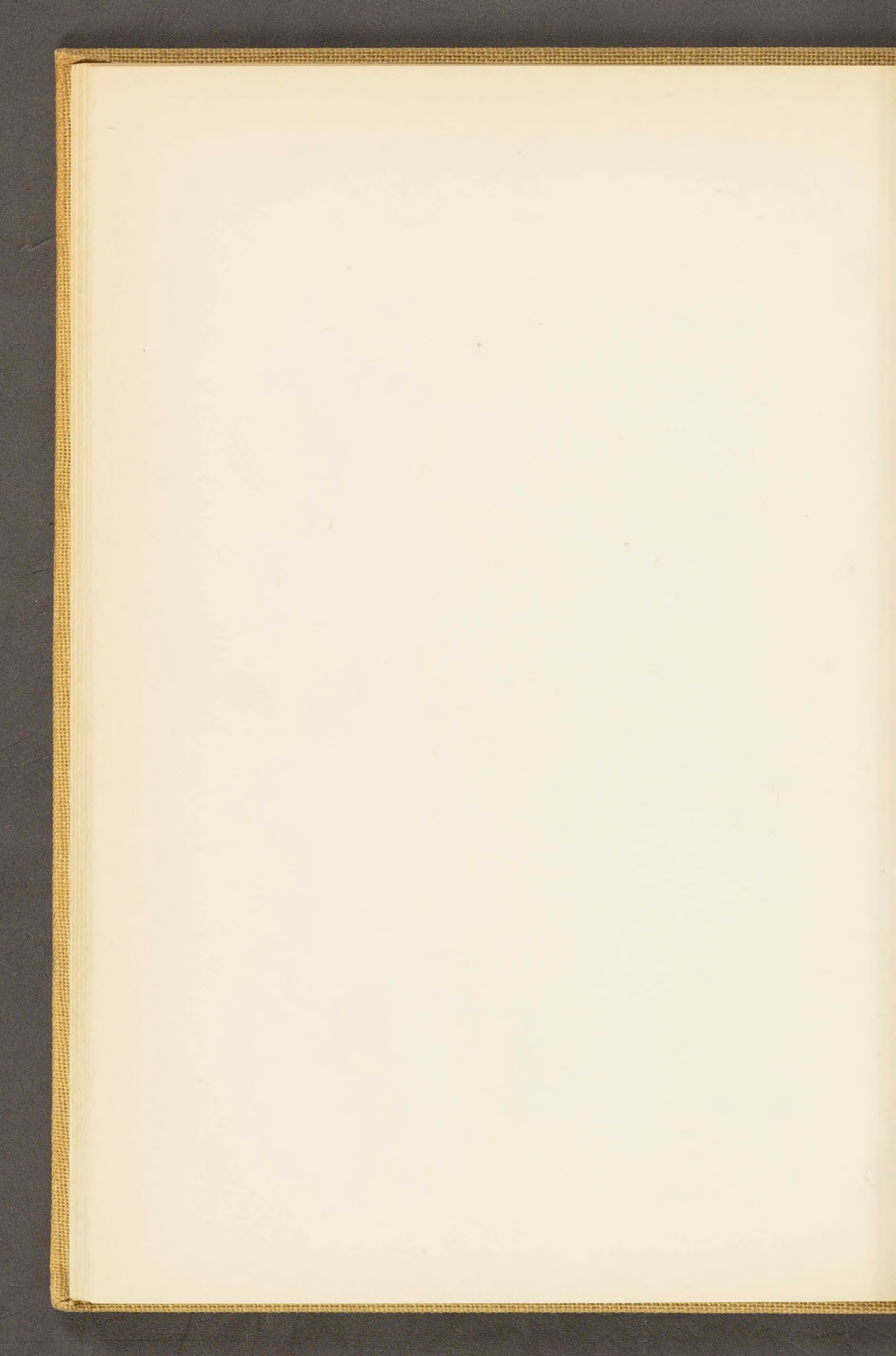
3. Das Brauneisenerz.

Wenn eisenhaltige Mineralien oder Gesteine unter dem Einfluß der Bodenfeuchtigkeit und des im Wasser absorbierten Sauerstoffs verwittern, entsteht als Endprodukt aller dieser Vorgänge das wasserhaltige Eisenoxyd $2Fe_2O_3 . 3H_2O$, das **Brauneisenerz.**

Tafel IV. Oxyde II.

1. **Rotkupfererz** von Chessy bei Lyon.
   Rhombendodekaeder, oberflächlich in Malachit umgewandelt.
2. **Hartmanganerz** (Psilomelan) von Waldmichelbach (Odenwald).
3. **Magneteisen** von Port Henry (New York).
   Kombination von Oktaeder und Rhombendodekaeder.
4. **Roteisenstein** (Blutstein) von Ilfeld (Harz). Feinfaserige Struktur.
5. **Brauneisenstein** von Bieber (Nassau).
   Oberfläche glänzend schwarz durch Mangangehalt.
6. **Korund** (Sapphir) von Franklin (N. Carolina).
7. **Korund** (Rubin) aus Ceylon.
   Treppenförmig abgesetzter Kristall.


4
1
3
5
7
6
2



1. Findet diese Verwitterung in den oberen Teufen der Erzgänge, also an Pyrit, Markasit, Kupferkies usw. statt, so entstehen gewaltige Mengen von Brauneisen, gleichzeitig alle möglichen andern Umsetzungsprodukte der sulfidischen Erze. Man nennt diese Region, wie bereits erwähnt, den eisernen Hut der Erzgänge; sie reicht in Tiefen von 50—100 m. Ebenso findet sich in größter Verbreitung auf Erzgängen und Lagern das kohlensaure Eisen (der Eisenspat) in Brauneisen verwandelt. Diese Umwandlung läßt sich wie beim Pyrit und Markasit an Pseudomorphosen leicht verfolgen.

Auf diesen Lagerstätten zeigt das Brauneisen als **brauner Glaskopf** (Tafel IV, Fig. 5) meist dieselben nieren- bis traubenförmigen, selbst tropfsteinartigen Formen wie das Roteisen. Ein fast stets vorhandener Mangangehalt bewirkt, daß die Oberfläche solchen Brauneisens glänzend schwarz erscheint. Von ähnlichem Manganerz ist es aber sicher durch den braunen Strich zu unterscheiden.

2. Verwittern kristalline Gesteine, die reich an eisenhaltigen Mineralien sind (Magneteisen, Augit, Hornblende, schwarzer Glimmer im Basalt, Diorit, Granit, Amphibolit usw.), so bleibt ein sandig-toniger Rückstand, der von Brauneisen intensiv gelbbraun oder rotbraun gefärbt ist (Verwitterungslehm). — Ist der Gehalt an Eisen in Sedimenten wie Kalk, Dolomit, oder im lehmigen Boden fein verteilt, so findet von der Oberfläche her durch die Zirkulation des Wassers eine Auslaugung des Gesteins statt, durch die der Eisengehalt konzentriert und als **Bohnerz** in Form von braunen und schwarzen rundlichen Bohnen ausgeschieden werden kann.

3. **Raseneisenerz.** Ausgedehnte Sedimente von Brauneisen bilden sich in den Torfmooren, Sümpfen und Seen der kälteren Regionen durch Mitwirkung vermodernder Pflanzenstoffe in Form von löcherigen, schlackigen, mit Sand verbackenen Knollen und zusammenhängenden Schichten (Raseneisenerz oder Limonit, „Ortstein"). Sie sind phosphorhaltig und waren früher wenig geschätzt. Seitdem man aber den Phosphor auszuscheiden und zugleich in der phosphorhaltigen Schlacke ein wertvolles Dungmittel zu gewinnen lernte (Thomasverfahren, Thomasschlacke), ist ihr Wert und ihre Gewinnung in raschem Steigen begriffen. Besonders ist Finnland reich an solchen Erzen (Seeerze).

4. **Minette.** Noch mächtiger entwickelt treten in der württembergischen, lothringisch-luxemburgischen und englischen Juraformation marine Kalke, Braun- und Roteisenerze von oolithischer Ausbildung auf (Rogensteine), die infolge ihrer gleichmäßigen, auf weite Flächen ausgedehnten Verbreitung höchst wichtige Eisenerze geworden sind. Sie führen den Namen Minette. Die Produktion von Minette in Lothringen und Luxemburg beträgt jährlich 16 Millionen Tonnen.

g) Die Verbindungen des Aluminiums mit Sauerstoff.

1. Schmirgel und Korund Al_2O_3.

1. **Die Tonerde.** Das Oxyd des Aluminiums, die Tonerde Al_2O_3, ist nach der Kieselsäure der bei weitem verbreitetste Mineralbestandteil. Insbesondere setzen sich die kristallinen Gesteine neben Quarz zum größten Teil aus tonerdehaltigen Silikaten zusammen, aus deren Verwitterung der Ton, ein einfacher zusammengesetztes, wasserhaltiges, meist durch andere Mineralstoffe chemisch und mechanisch verunreinigtes Silikat (vgl. S. 128) hervorgeht.

Um so merkwürdiger ist, daß die dem Eisenglanz entsprechende (nicht mit dem Ton zu verwechselnde!) Verbindung Al_2O_3, die **Tonerde,** verhältnismäßig selten in der Natur gefunden wird. Man unterscheidet den derben, mit Magneteisen und Eisenglanz gemengten, daher einem Eisenerz ähnlichen **Schmirgel,** den kristallinen Demantspat oder gemeinen **Korund,** und die durchsichtigen **edlen Korunde.** Allen Varietäten gemeinsam ist die hohe Härte (9), die nur der des Diamanten nachsteht. Sie führte zu der wichtigsten technischen Verwendung des Schmirgels als Poliermittel, zum Schleifen der Edelsteine und zur Herstellung von Gesteinsdünnschliffen für das Mikroskop.



Abb. 124. **Edler Korund,** bläulich durchsichtig.

2. Der Schmirgel bildet knollige Massen in einem kristallinen, an Kontaktmineralen reichen Kalk auf der Insel Naxos und einigen andern Inseln des griechischen Archipels. In Verknüpfung mit Glimmerschiefern und andern kristallinen Gesteinen findet sich besonders in Canada und Nordcarolina, aber auch im Gotthardgebiet der gemeine Korund, graue, rosenrote, dunkelblaue, mit ebenen Flächen spaltende Massen. Sie werden ebenfalls zu Schleifpulver verarbeitet. Die edlen Korunde endlich sind unter den Namen **Rubin** (verschiedene Grade von karminrot; Tafel IV, Fig. 7) und **Sapphir** (dunkelblau) als hochgeschätzte Edelsteine bekannt. Sie kommen größtenteils von den Edelsteinseifen in Birma, Siam und Ceylon. Das merkwürdige Auftreten von Sapphir im Basalt von Unkel am Rhein sei noch besonders erwähnt.

3. Natürliche Kristalle zeigen infolge des Vorherrschens sechsseitiger Pyramiden spitz pyramidale (Abb. 124) oder spindel- und fäßchenförmige Gestalt (Tafel IV, Fig. 6). Das Auftreten von Rhomboederflächen verweist den Korund in die rhomboedrische Abteilung des hexagonalen Systems; er ist mit dem Eisenglanz isomorph.

4. **Künstliche Darstellung der Rubine und Sapphire.** Während die künstliche Darstellung des Diamanten noch keine praktisch verwert-

baren Ergebnisse geliefert hat, ist es in jüngster Zeit gelungen, prachtvoll gefärbte, vollkommene Rubine und Sapphire im elektrischen Ofen durch Zusammenschmelzen von amorpher Tonerde mit Flußspat, Pottasche und etwas Chrom darzustellen. Abgesehen von der Bedeutung dieses Erfolgs für den Edelsteinhandel hat die Darstellung auch großes theoretisches Interesse, da sie die Entstehung der natürlichen Korunde aus dem Schmelzfluß wahrscheinlich macht.

2. Diaspor und Beauxit.

Als Begleiter des Schmirgels kommt eine wasserhaltige Tonerde, der gelbliche Diaspor $Al_2O_3 . H_2O$, vor. Ein anderes, durch Eisen rotbraun gefärbtes Tonerdemineral, der **Beauxit** (von der Stadt Beaux bei Arles, Südfrankreich), ist für die Darstellung des Aluminiums wichtig geworden. Auch der rote Verwitterungsboden der Tropen, der **Laterit**, ist dem Beauxit verwandt.

h) Die Borsäure und ihre Verbindungen.

Der Sassolin $B_2O_3 . 3H_2O$ und der Borax $Na_2B_4O_7 . 10H_2O$.

1. Das Vorkommen des Elements Bor im Borax. In manchen Seen des westlichen Tibet scheidet sich neben Kochsalz ein anderes weißes Salz ab, das unter den Namen **Tinkal** und **Borax** schon den Arabern bekannt war und wie heute beim Löten und Gießen der Metalle verwendet wurde. Auch in Kalifornien befinden sich solche Boraxseen.

2. Der Borax ist das Natriumsalz einer Säure, die als wesentlichen Bestandteil das Element **Bor** enthält (Zeichen B). Das Bor ist ein dem Diamant an Härte gleichkommender Körper, der jedoch wie das Silicium erst durch die Kunst der Chemiker als Element isoliert worden ist. Das Auftreten borhaltiger Silikate, insbesondere des Turmalins, in den kristallinen Gesteinen beweist die allgemeine Verbreitung der Borsäure in der Tiefe und ihren Einfluß auf die Bildung von Mineralien.*) Am merkwürdigsten in dieser Hinsicht sind die heißen Quellen und Dampfausströmungen im Gebiet von Sasso und Volterra in Toscana, die außer borsauren Salzen große Mengen von freier Borsäure $B_2O_3 . 3H_2O$, als Mineral **Sassolin** genannt, zutage fördern. Der Sassolin bildet weiße, perlmutterglänzende Schuppen, die die Flamme des Bunsenbrenners schön hellgrün färben.

Seitdem man die chemische Natur des Borax erkannt hat, wird es meistens künstlich aus Borsäure und Natron dargestellt.

---

*) Mineralbildungen infolge Zersetzung der Gesteine durch Dämpfe heißen pneumatolytisch (vom griech. pneuma, Hauch [Gas] und lyein, lösen).

IV. Klasse.

Verbindungen der Metalle mit den Halogenen Fluor und Chlor (Haloidsalze).

Die Halogene als Elemente.

1. Außer Schwefel und Sauerstoff verbinden sich noch andere, unter sich nahe verwandte Elemente unmittelbar mit Metallen: das **Fluor** F, das **Chlor** Cl, das **Brom** Br und das **Jod** J. Die bekannteste dieser Verbindungen ist das Kochsalz; deshalb faßt man die genannten Elemente unter dem Namen Halogēne, d. h. Salzbildner zusammen (vom griech. hals = Salz) und unterscheidet im einzelnen Fluoride, Chloride usw.

2. Fluor und Chlor sind bei gewöhnlicher Temperatur gelblichgrüne, höchst giftige Gase; Brom ist eine braunrote, erstickend riechende Flüssigkeit; Jod bildet graue, metallglänzende Schuppen, die sich beim Erhitzen in ein veilchenblaues Gas verwandeln. Das Fluor, ein Bestandteil des Flußspats, ist 1889 zum erstenmal als Element dargestellt worden. Brom und Jod, für Medizin und Photographie unentbehrliche Stoffe, werden aus Rückständen von Salzsolen und aus der Asche von Seetangen gewonnen. Das Chlor ist als Bestandteil des Kochsalzes der weitaus verbreitetste dieser vier Grundstoffe.

a) Verbindungen der Metalle mit Fluor (Fluoride).

1. Der Flußspat CaF_2.

A. Technische Verwendung und chemische Eigenschaften.

1. Unter den Begleitmineralien des Zinnsteins wurde S. 66 der **Flußspat** genannt. Er ist aber auch auf Erz- und Mineralgängen so häufig, daß er als eines der bezeichnendsten Gangmineralien gelten kann. Bisweilen füllt er die Gänge allein aus (Stolberg im Harz).

Er verdankt seinen Namen dem Umstand, daß er als Zusatz zu Kupfer-, Silber- und Eisenerzen die Bildung einer leichtflüssigen Schlacke bewirkt. Er ist also ein „Flußmittel". Von dem alten Namen Fluß, lat. fluor, kommt der Name des Elements **Fluor.**

2. Erwärmt man Flußspatpulver mit starker Schwefelsäure vorsichtig in einer bleiernen Schale, so bilden sich die gefährlichen Dämpfe der **Flußsäure** FH, die zum Ätzen des Glases benützt werden. Wie Glas werden auch andere kieselsäurehaltige Körper von der Flußsäure zersetzt. Die Bildung fluorhaltiger Silikate wie auch des Flußspats ist aus dem Empordringen fluorhaltiger Dämpfe in den feinen Spalten der Gesteine zu erklären. — Während die Flußsäure entweicht, bildet sich aus der Schwefelsäure und dem im Flußspat enthaltenen Metall **Gips,** d. h. schwefelsaurer Kalk. Der

zweite Bestandteil des Flußspats ist also das Metall **Calcium** Ca, das nach dem Kalkstein seinen Namen hat. Es gehört zu den Metallen, die erst von der neueren Chemie aus ihren Verbindungen gewonnen wurden.

B. Kristallformen und physikalische Eigenschaften.

1. Wenn auch körnige und stengelige Ausbildung beim Flußspat vorkommt, so bringt es das Auftreten des Minerals in Gängen doch mit sich, daß es vorwiegend in grobkristallinen Massen und prächtigen Kristallen auftritt (Abb. 125). Sie gehören zu den schönsten Beispielen des regulären Systems.

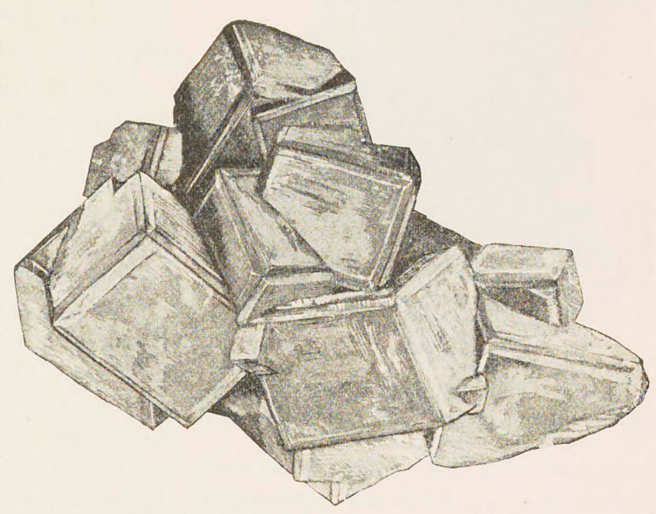


Abb. 125. **Flußspat** von Cumberland. Würfel mit Pyramidenwürfel kombiniert.

Der **Würfel** beherrscht durchaus die Formenentwicklung des Minerals. Meist sind an den zu Drusen gruppierten Kristallen überhaupt keine andern Flächen ausgebildet, und selbst an verzerrten oder durcheinandergewachsenen Kristallen kann man die Grundform erkennen. Besonders häufig ist die Durchwachsung zweier Würfel nach einer Fläche des Oktaeders (Abb. 126). Um sich diese Zwillingsverwachsung klar zu machen, die keine andere ist als die beim Magneteisen beschriebene, zerschneidet man einen Plastulinwürfel in der durch Abbildung 127 angedeuteten Weise. Die Schnittfläche ist ein regelmäßiges Sechseck, das der punktiert gezeichneten Oktaederfläche parallel liegt. Eine Drehung der einen Würfelhälfte um 60° bringt sie (wie früher die Oktaeder-

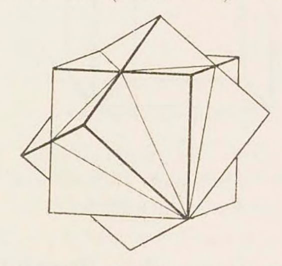


Abb. 126. **Flußspatwürfel** in Zwillingsverwachsung.

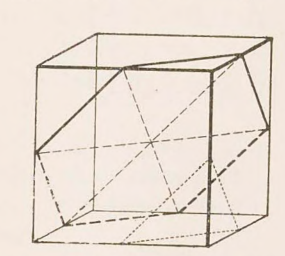


Abb. 127. **Modell** zur Erklärung d. Würfelzwillinge.

hälften) in die der Zwillingsfigur 126 entsprechende Lage; natürlich sind die vorspringenden Würfelecken zu ergänzen.

2. Mit dem Würfel verbindet sich, die Ecken abstumpfend, das Oktaeder. Für sich allein tritt es seltener auf, was um so merkwürdiger ist, als die **Spaltbarkeit** des Flußspats den Flächen des Oktaeders folgt (Abb. 128; vgl. Diamant S. 14). Die Spaltflächen sind spiegelglatt und können von den natürlichen Kristallflächen leicht unterschieden werden.

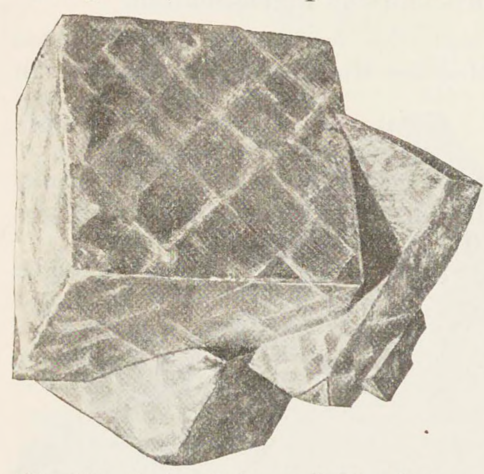


Abb. 128. Große **Flußspatwürfel** mit Andeutung der oktaedrischen Spaltbarkeit.

3. Abstumpfung der Würfelkanten weist auf das Rhombendodekaeder (Abb. 129), Zuschärfung auf den Pyramidenwürfel (Abb. 130, 131): eine Kombination, die bei keinem Mineral so häufig ist als am Flußspat. Aber auch Zuschärfungen der Würfelecken durch drei und sechs Flächen treten auf, die sich als neue, von $8 \cdot 3 = 24$ und $8 \cdot 6 = 48$ Flächen begrenzte reguläre Kristallformen erweisen. Die Abbildungen 132 u. 133 stellen die am Flußspat auftretenden Kombinationen, die Abbildungen 135 u. 136 die neuen Formen für sich allein dar. Man nennt die von

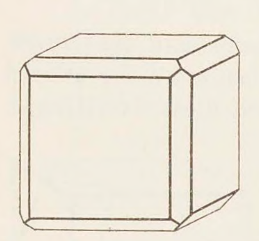


Abb. 129. Kristallform des **Flußspats** (Würfel mit Rhombendodekaeder).

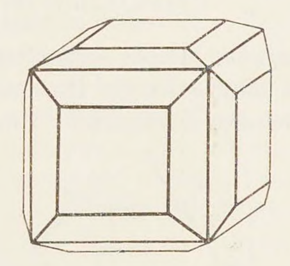


Abb. 130. Kristallform des **Flußspats** (Würfel mit Pyramidenwürfel).

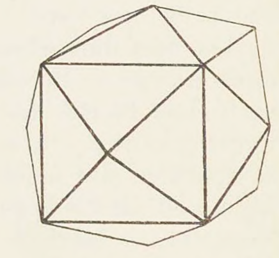
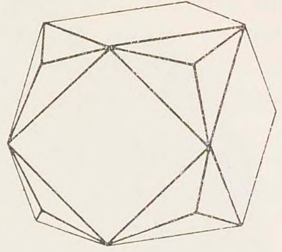


Abb. 131. Der **Pyramidenwürfel**, begrenzt von 24 gleichschenklig. Dreiecken.

24 Deltoiden begrenzte Form das **Ikositetraeder** oder Vierundzwanzigflach, die von 48 ungleichseitigen Dreiecken begrenzte Form das **Hexakisoktaeder** oder Achtundvierzigflach.

Am leichtesten erhält man ein Ikositetraeder, wenn man aus Plastulin eine Kugel formt und auf ihr durch drei größte Kreise acht

gleiche Kugeldreiecke markiert. Legt man dann jeweils durch die Mittelpunkte dieser Dreiecke und die sechs Schnittpunkte der Kreise ebene Schnitte, wie es die Abbildung 136 für eines der acht Dreiecke andeutet, so erhält man die verlangte Kristallform. Ersetzt man jedes Viereck des Ikositetraeders durch zwei kongruente Dreiecke, die in der Symmetrielinie der Deltoide unter sehr stumpfem Winkel zusammenstoßen, so entsteht das Hexakisoktaeder.



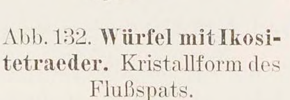


Abb. 132. **Würfel mit Ikositetraeder.** Kristallform des Flußspats.

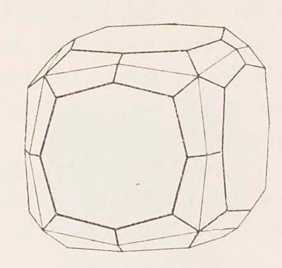


Abb. 133. **Würfel mit Hexakisoktaeder.** Kristallform des Flußspats.

4. **Farben.** Mehr noch als die Formen ziehen die Farben der Kristalle die Aufmerksamkeit auf sich. Kein Mineral erreicht den Flußspat an Mannigfaltigkeit und Zartheit der Färbungen, und die Wirkung der Farben wird durch den Glanz und die Durchsichtigkeit der Kristalle, durch die Reflexe an den Spaltrissen und an der Oberfläche noch erhöht. Neben völlig wasserhellen, zu optischen Zwecken (Linsen) geeigneten Flußspaten finden sich die zartesten rauchgrauen, blaßblauen, blaßgrünen, blaßgelben, blaßvioletten, rosenroten Kristalle, steigern sich die Farben zu smaragd- und lauchgrünen, honiggelben, tief violetten Tönen, wechseln die Färbungen bald zonenweise, bald unregelmäßig wolkig, mindert sich die Durchsichtigkeit bis zu völligem Verschwinden (vgl. Tafel V, Fig. 1, 2, 3). — Über die Ursachen der mannigfachen Farben weiß man nichts bestimmtes. Die geringe Härte (4) und die Sprödigkeit verbieten eine Verwendung des Flußspats zu Schmuckzwecken, doch werden aus größeren bunten Stücken allerhand Kunstgegenstände geschliffen.

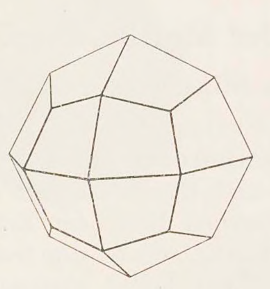


Abb. 134. Das **Ikositetraeder,** begrenzt von 24 Deltoiden.

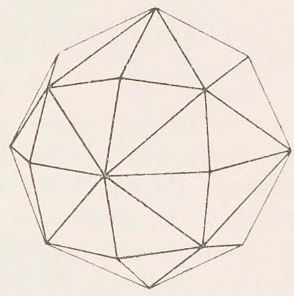


Abb. 135. **Das Hexakisoktaeder,** begrenzt von 6 · 8 ungleichseitigen Dreiecken.

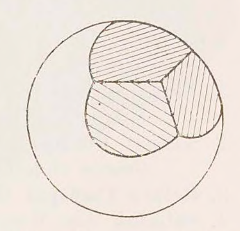


Abb. 136. **Herstellung des Ikositetraeders** aus einer Plastulinkugel.

5. **Fluoreszenz.** Ein besonders merkwürdiges Verhalten zeigen gewisse Flußspate aus Cumberland, die gegen das Licht gehalten schön grün durchsichtig sind, im auffallenden Licht betrachtet aber — besonders nahe den Kanten — einen tief violetten, wandernden Farbenschein besitzen. Die Physik gibt die Erklärung der merkwürdigen Erscheinung. Nach dem Flußspat hat man sie Fluoreszenz genannt.

An Petroleum (blaßgelb-violett), an stark verdünnter roter Tinte (blaßrot-gelbgrün) oder an alkoholischer Chlorophyllösung (tiefgrün-blutrot) beobachtet man dasselbe Verhalten.

2. Der Kryolith $3 NaF . AlF_3$.

Ein anderes Fluorid ist der die Metalle Aluminium und Natrium (Na) enthaltende **Kryolith** (d. h. Eisstein), ein feucht schimmerndes, weißes, halbdurchsichtiges Mineral, das in großen Mengen am Arksutfiord in Grönland gewonnen und zur Darstellung von Ätznatron und Aluminium verwendet wird.

b) Verbindungen der Metalle mit Chlor (Chloride).

1. Das Silberhornerz AgCl.

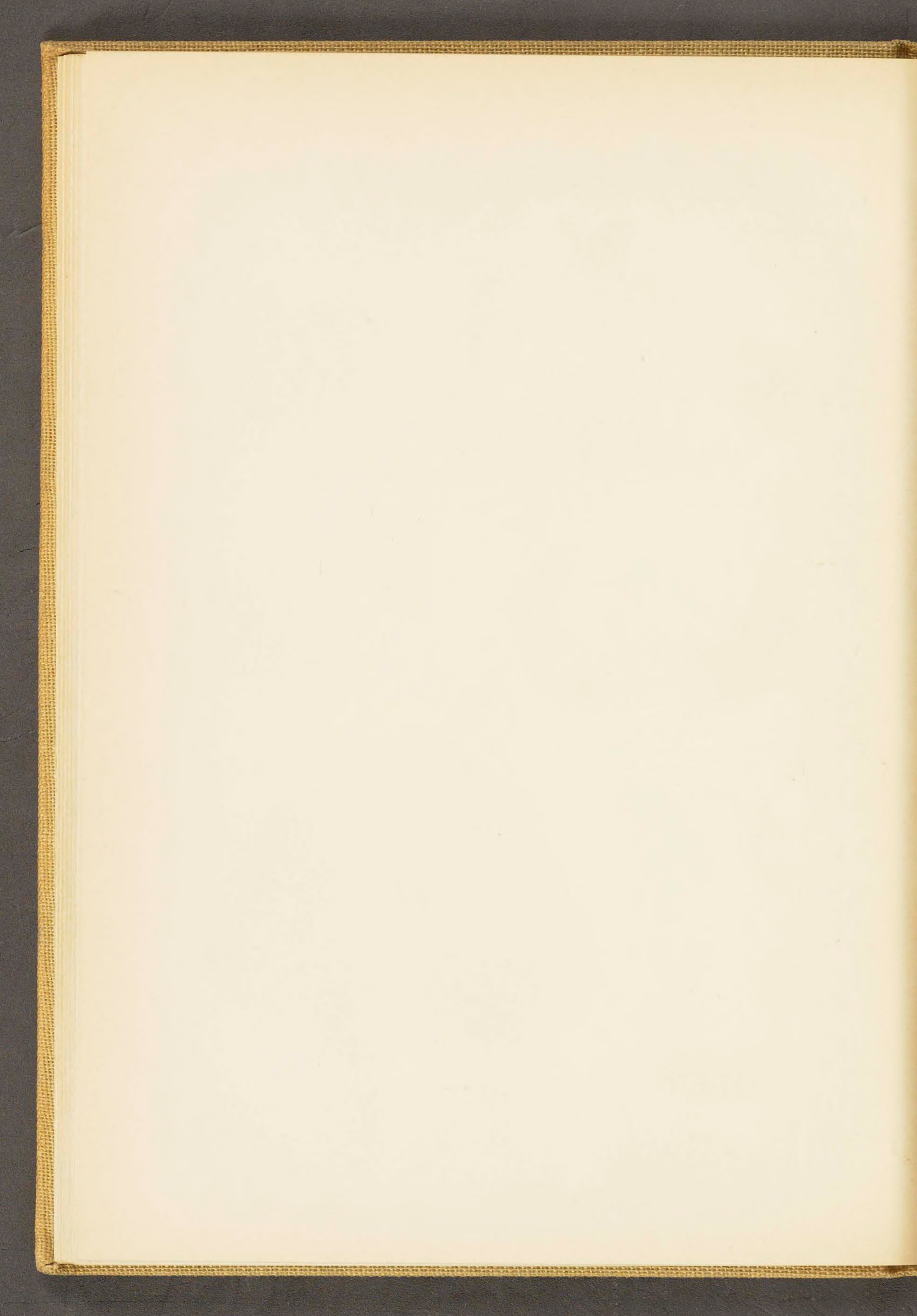
Als Beispiel eines auf Erzlagerstätten auftretenden Chlorids sei das Hornsilber oder **Silberhornerz** AgCl genannt. Es gehört in Mexico, Peru, Bolivien und Chile zu den wichtigsten Silbererzen und tritt besonders im „eisernen Hut" der Erzstöcke auf. Auch im Erzgebirge war es früher häufig. Es ist durchscheinend gelblich, grau, schwarz und geschmeidig und bildet rindenartige Überzüge, selten würfelige Kristalle. Der Name Hornsilber erklärt sich aus den angeführten Eigenschaften. — Auch das Bromsilber AgBr und das Jodsilber AgJ kommt in Mexiko und Chile vor.

Ein prachtvoll dunkelgrün gefärbtes, in prismatischen rhombischen Kristallen auftretendes, chlorhaltiges Kupfermineral ist der **Atakamit** $Cu_2Cl(OH)_3$; er ist für Chile (Wüste Atakama) und Australien ein wichtiges Kupfererz.

Tafel V. Haloidsalze.

1. **Flußspat** von Weardale (Cumberland).
   Mit schwacher Fluoreszenz an den Kanten.
2. **Grüner Flußspat** von Alston Moor (Cumberland).
   Starke violette Fluoreszenz.
3. **Gelber Flußspat** vom Münstertal (Schwarzwald).
4. **Salmiak** vom Vesuv. Auf schlackenartiger Lava sitzender Überzug.
5. **Fasersalz** von Staßfurt (Prov. Sachsen).
   Durch Eisenoxyd rötlich gefärbt.
6. **Blaues Steinsalz** von Staßfurt. Grobkristallines Spaltstück.


1
2
3
4
5
6



2. Der Salmiak $(NH_4)Cl$.

1. **Ammoniak und Salmiak.** Unter dem Namen Salmiakgeist ist eine wasserklare, stechend riechende Flüssigkeit bekannt, die zu allerhand häuslichen und industriellen Zwecken gebraucht wird. Sie ist die wässerige Lösung des Ammoniakgases NH_3, das bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Körper, wie Harnstoff, zu entstehen pflegt. Das Ammoniak vereinigt sich mit der Salzsäure ClH zu einem Salz $NH_4 . Cl$, dem **Salmiak.** Früher lieferte Ägypten den Salmiak. Er wurde dort aus dem Ruß des als Brennmaterial benützten Kamelmists gewonnen. Der Name des Salzes, aus sal ammoniacum entstanden, weist noch auf diesen Ursprung hin (Oase des Juppiter Ammon). Heute wird es fabrikmäßig aus ammoniakhaltigen Gaswässern als stengelig kristalline, scharf salzig schmeckende Masse erhalten. — In sehr einfacher Weise kann man die Bildung des Salmiaks beobachten, wenn man ein in Salzsäure getauchtes Glasstäbchen über eine offene Ammoniakflasche hält. Die dabei entstehenden Nebel sind Salmiak.

2. Auf natürliche Weise entsteht Salmiak in brennenden Steinkohlenflözen. Er findet sich aber auch in Form von Anflügen und Krusten in den Kratern tätiger Vulkane; bei den jüngsten Vesuvausbrüchen zeigten sich auf den frischen Laven große Mengen von Salmiak (Tafel V, Fig. 4). Erhitzt verflüchtigt er sich unzersetzt.

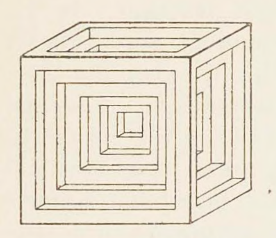
3. Salmiak löst sich sehr leicht in Wasser. Beim Verdunsten der Lösung bilden sich eisblumenartige Kristallskelette; an größeren Kristallen erkennt man reguläre Formen (Oktaeder). Durch den Lösungsprozeß wird dem Wasser sehr viel Wärme entzogen; daher die Anwendung des Salmiaks zu Kältemischungen.

3. Das Steinsalz NaCl.

A. Die mineralogischen Eigenschaften des Salzes.

1. Das Salz, das wir bei Tische und in der Küche verwenden, besteht gewöhnlich aus Bruchstückchen von Kristallen, die durch Verdampfung von Sole, d. h. salzhaltigem Quellwasser gewonnen wurden. Man kann sich leicht durch Auflösen von Kochsalz und langsames Eindampfen der Lösung wieder Kristalle herstellen. Auf dem Boden der Schale bilden sich kleine Würfelchen, andere schwimmen wie angeheftet dicht an der Oberfläche der Lösung und vereinigen sich zu größeren Gruppen. Bald aber sieht man die Würfel nur noch an den Kanten fortwachsen, es entstehen treppenförmig vertiefte Hohlformen (Skelette), wie sie Abbildung 137 schematisch darstellt. Aus den Sudpfannen der Salinen kann man über kubikzentimetergroße schneeweiße Kristallskelette erhalten.

2. Im Gegensatz zu diesen losen Kristallen zeigt das bergmännisch gewonnene **Steinsalz** fein- bis grobkörnige, durch Druck auch faserige Struktur (Tafel V, Fig. 5) und infolge von Verunreinigung durch Ton, Gips und Eisen graue, gelbliche, rötliche Farben. Daneben tritt aber auch großkristallines, völlig wasserklares, farbloses Steinsalz auf, das wegen seiner ausgezeichneten Spaltbarkeit nach dem Würfel gern benützt wird, um den Zusammenhang der kristallographischen mit den physikalischen Eigenschaften zu zeigen. Die prachtvollen rechtwinkligen Spaltstücke sind allgemein bekannt (Abb. 138). Seltener sind frei gebildete, sitzende Kristalle; auch sie zeigen stets Würfelform (Abb. 139).



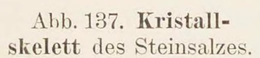


Abb. 137. **Kristallskelett** des Steinsalzes.

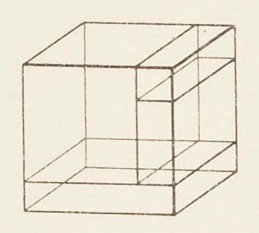


Abb. 138. **Spaltbarkeit** des Steinsalzes nach d. Würfel.

Abb. 139. **Würfelförmige Kristalle** von Steinsalz. (Wieliczka.)

3. Der Zusammenhang von äußerer Form und innerem Bau der Kristalle kommt auch in einer Reihe von andern physikalischen Erscheinungen zum Ausdruck:

a) Setzt man einen scharfkantigen, aber nicht schneidenden Körper, etwa die Kante eines Messerrückens, parallel einer der Kanten eines Spaltstücks auf und übt einen gleichmäßigen Druck aus, so entstehen von der Drucklinie aus zwei diagonal gerichtete, also dem Rhombendodekaeder entsprechende Sprünge. Diese durch Druck abgelösten Flächen heißen **Gleitflächen** und dürfen nicht mit Spaltflächen verwechselt werden (Abb. 140).

b) Setzt man senkrecht auf eine Spaltfläche eine Nadel und versetzt ihr einen leichten Schlag, so bilden sich von der Eintrittsstelle der Nadel aus ebenfalls zwei diagonale Sprünge: die Schlagfigur (Abb. 140).

c) Auch in der Art, wie sich unter dem Einfluß von Feuchtigkeit auf den Spaltflächen Ätzgruben ausbilden, kommt die Symmetrie des Kristallbaus zum Ausdruck. Man kann an solch angewitterten Flächen

leicht beobachten, daß die Vertiefungen quadratischen Umriß haben und ihre Ränder stets den Kanten des Spaltstücks parallel laufen (Abb. 141).

4. **Blaues Steinsalz.** Außer dem klaren, farblosen Steinsalz kommt auch dunkelblau gefärbtes vor (Tafel V, Fig. 6). Die Ursache dieser Färbung ist rätselhaft, da sie beim Auflösen verschwindet und auch beim Umkristallisieren nicht wiederkehrt.

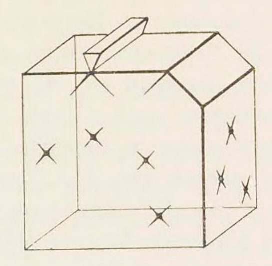


Abb. 140. **Gleitflächen und Schlagfiguren** am Steinsalz.

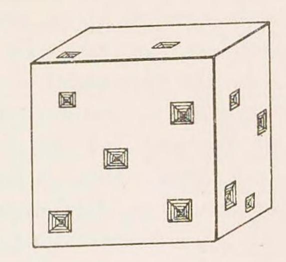


Abb. 141. **Ätzgruben** auf den Spaltflächen von Steinsalz.

B. Die chemische Natur und technische Verwendung des Steinsalzes.

Jahrhunderte lang hat der Mensch das Salz bei der Zubereitung der Nahrung benützt, ehe er seine chemische Natur erkannte; der Geschmack genügte, um es von allen andern Stoffen zu unterscheiden. Erst seit etwa 100 Jahren weiß man, daß das Salz die Verbindung des Metalles Natrium mit Chlor ist.

Das Natrium. Bringt man etwas Salz in eine nichtleuchtende Flamme (Spiritus-, Bunsenflamme), so färbt es diese tief gelb. Auch mit Soda (Natron) erhält man diese Färbung. Sie ist das Kennzeichen eines silberweißen, sehr leichten Metalls, das nach dem Natron Natrium (Zeichen Na) genannt wurde und entzündet mit leuchtend gelber Flamme verbrennt. Auch schon bei gewöhnlicher Temperatur findet an der Luft rasche Oxydation statt, und selbst dem Wasser entzieht das Natrium den Sauerstoff. Dadurch erklärt es sich, daß das Metall erst so spät aus seinen Verbindungen isoliert wurde. Um es unverändert zu erhalten, muß man es unter Petroleum aufbewahren.

Das Chlor. Durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Kochsalz erhielt man zunächst den „rauchenden Salzgeist“, die Salzsäure. Da man glaubte, daß sie wie alle andern Säuren Sauerstoff enthalte, betrachtete man das mit Braunstein aus ihr entwickelte Chlorgas als eine sauerstoffreichere Säure. Nachdem jedoch das Chlor (1774) als Element erkannt war, ergab sich HCl als die Formel der Salzsäure und man erkannte weiter, daß die Bildung aller Salze darauf beruht, daß **Metalle** an die Stelle des **Wasserstoffs** der Säuren treten. Das Kochsalz ist also **Chlor-Natrium NaCl**; setzt man Natriumstückchen der Einwirkung von Chlorgas aus, so bildet sich direkt Kochsalz.

Technische Verwendung. 1. Die Anwendung des Salzes zum Würzen der Speisen und zur Konservierung von Fischen, Fleisch, Butter, Käse usw. ist bekannt. Die fäulnishemmende Wirkung des Salzes ermöglicht es, den ungeheuren Reichtum des Meeres an Fischen, besonders Heringen, für die Volksernährung auszunützen. Soll es als Viehsalz verwendet werden, so wird es, da es dann nicht — wie das Speisesalz — versteuert werden muß, durch einen Zusatz von Rötel und Wermut für die Verwendung in der Küche unbrauchbar gemacht.

2. Große Mengen Salz werden von den Glas- und Porzellanfabriken, Hüttenwerken, Gerbereien, Seifenfabriken usw. verbraucht. Wichtig ist auch seine Verwendung zu Kältemischungen (für Konditoreien usw.) und zum Auftauen des Schnees in den Straßen, sowie als Dungsalz.

3. Als der billigste Natrium und Chlor enthaltende Rohstoff ist das Kochsalz aber auch das Ausgangsmaterial für die Darstellung aller diese Elemente enthaltenden Produkte der chemischen Industrie, insbesondere der Fabrikation von Soda, Glaubersalz, unterschwefligsaurem Natron, Ätznatron, Salzsäure, Chlor usw.

C. Vorkommen und Gewinnung des Steinsalzes. Bildung der Salzlagerstätten.

1. **Vulkanisches Salz.** Das Steinsalz kommt wie der Salmiak als unmittelbare vulkanische Bildung (Ausblühung) auf frischen Laven vor. Seine Entstehung ist aus der Einwirkung des ausströmenden Salzsäuregases auf natriumhaltige Silikate zu erklären. Aber auch die alten Eruptiv- und Tiefengesteine enthalten Spuren von Kochsalz, und es ist möglich, daß ihr geringer Kochsalzgehalt, im Laufe unendlich langer Zeiträume durch die Flüsse ins Meer geführt, diesem seine salzige Beschaffenheit verliehen hat.

2. **Steppensalz.** In allen abflußlosen Gebieten trockenheißer Klimate sammeln sich die gelösten Salze an und kommen teils als schneeweiße Ausblühungen des Steppenbodens, teils in Salzsümpfen und Salzseen durch Verdunstung des Wassers als Bodensatz in der dem Grade ihrer Löslichkeit entsprechenden Zeit- und Schichtenfolge zur Ausscheidung. Besonders bekannt ist der Eltonsee, östlich von Zarizyn an der unteren Wolga, der gewaltige Mengen von Steinsalz an seinem Boden abscheidet, während sein Wasser infolge des Gehalts an Magnesiumsalzen vollständig bitter ist.

Das salzreichste Wasserbecken ist das Tote Meer. Es enthält 22 % Salze in Lösung, darunter etwa vier Zehntel Kochsalz und fünf Zehntel Chlormagnesium.

3. **Meersalz.** Das Wasser des offenen Ozeans enthält etwa 3,5 % Salze gelöst, wovon der Hauptanteil auf das Kochsalz kommt ($^4/_5$) und der Rest aus Chloriden des Magnesiums und Kaliums sowie den Sul-

faten des Magnesiums und Calciums besteht. Man gewinnt in Ländern mit trockenheißem Klima und flachen Küsten das Kochsalz durch Einleiten des Meerwassers in ausgedehnte flache Bassins (Salzgärten). Man läßt erst soviel Wasser verdunsten, bis sich der Gips (das Calciumsulfat, s. S. 102) abgeschieden hat, leitet das Wasser in ein zweites Becken, wo das Kochsalz auskristallisiert, und führt die Mutterlauge, die bittere Lösung der übrigen Salze, wieder ins Meer zurück.

4. **Entstehung der Salzlager.** Was der Mensch im kleinen ausführt, hat die Natur unter günstigen klimatischen und örtlichen Bedingungen seit undenklichen Zeiträumen im großen getan. Die unter der Erde verbreiteten Salzlager sind ebenfalls aus der Verdunstung des Wassers in abflußlosen Seen trocken-heißer Gebiete, wie auch in abgeschlossenen Meeresbecken, die immer neue Zufuhr von Salzwasser erhielten, zu erklären. Als alte Stätten des Salzbergbaus seien die nördlichen Kalkalpen genannt (Salzburg, Salzkammergut mit Hall, Hallein), dann Wieliczka und Bochnia in Galizien. Die wichtigsten deutschen Salzlagerstätten sind die des mittleren Muschelkalks in Südwestdeutschland (Umgebung von Wimpfen a. N.), des Keupers in Lothringen (Château Salins), vor allem aber die ungeheuren und weitverbreiteten Salzlager Norddeutschlands (Staßfurt, Leopoldshall, Sperenberg u. v. a.), die der Zechsteinformation angehören und eine Mächtigkeit von 200—1000 m besitzen.

5. **Salinensalz.** Oft ist es vorteilhafter, das Salz nicht durch Bergbau, sondern durch Versieden natürlicher Salzquellen (Solquellen) oder künstlich erbohrter Sole aus seinen Lagern zu gewinnen. Ist die Sole nicht konzentriert genug, so wird sie durch Abträufelnlassen über Dornhecken (in den „Gradierwerken") angereichert. Dabei setzt sich auch ein großer Teil des gelösten Gipses ab (Dornstein). Häufig sind mit solchen Salinen Solbäder verknüpft, wodurch ein weiterer wirtschaftlicher Nutzen erzielt wird.

6. **Salzproduktion.** Die jährliche Salzerzeugung der Erde schätzt man auf etwa 14 Millionen Tonnen, wovon auf Deutschland über $1^1/_2$ Millionen Tonnen im Werte von 20 Millionen Mark kommen.

4. Carnallit, Sylvin und Kainit.

Abraumsalze. 1. Wie bereits erwähnt, finden sich im Meerwasser noch andere Chloride und Sulfate gelöst, die nur ausnahmsweise zur Ausscheidung kommen, oder aber, wenn ausgeschieden, infolge ihrer großen Löslichkeit leicht wieder weggeführt werden. Es sind die Mutterlaugensalze, wegen ihres Vorkommens über dem reinen Steinsalz auch als Abraumsalze bezeichnet. Früher als wertlos beiseite geworfen, sind sie seit etwa 40 Jahren von ungeheurer Wichtigkeit für die chemische Industrie geworden und bilden einen der kostbarsten

Bodenschätze Norddeutschlands. Ihr Wert beruht hauptsächlich auf dem Gehalt an **Kalium** (Zeichen K), einem dem Natrium verwandten Leichtmetall. Kalisalze sind ein unentbehrlicher Nährstoff für die Pflanzen, darum dienen sie in wachsendem Maße als Dungmittel. Gleichzeitig werden von chemischen Fabriken alle Arten von Kaliverbindungen (Kalisalpeter, Kalialaun, Chlorkalium) zu technischen Zwecken hergestellt. Der Wert der deutschen Produktion mit allen Nebenprodukten (worunter z. B. das Brom) beläuft sich im Jahr zur Zeit auf gegen 100 Millionen Mark.

2. **Carnallit und Sylvin.** Zu den wichtigsten Abraumsalzen gehört der wasserhaltige Carnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$. Er bildet bei Staßfurt derbkristalline Massen von grauer oder durch Eisenoxyd roter Farbe in der obersten Region der Abraumsalze. Aus ihm sondert sich durch Auflösung der Sylvin KCl ab, das dem Steinsalz entsprechende Chlor-Kalium. Er bildet Nester in der Carnallitregion und zeigt häufig schöne Kristalle (Würfel).

3. **Kainit.** Ein anderes, besonders als Dungmittel wichtiges Abraumsalz ist der Kainit $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$, also ein Doppelsalz aus Kaliumchlorid und Magnesiumsulfat. Er bildet derbe, graue oder gelbliche Massen. Sein Wert beruht darauf, daß er außer Kali auch noch Magnesia und Schwefel, also gleichzeitig drei für die Pflanzen notwendige Nährstoffe enthält.

V. Klasse.

Salze der sauerstoffhaltigen Säuren.

Die letzte und größte Gruppe von Mineralien wird von den Verbindungen der Metalle mit sauerstoffhaltigen Säuren gebildet. Die wichtigsten dieser Säuren sind die Salpetersäure, die Kohlensäure, die Schwefelsäure, die Phosphorsäure und die Kieselsäure. Verbinden sich Metalle mit ihnen, so entstehen **sauerstoffhaltige Salze.** Manche erinnern durch ihre leichte Löslichkeit und ihren Geschmack an das Kochsalz; bei weitem die meisten in der Natur vorkommenden Salze sind jedoch schwer oder im gewöhnlichen Sinne unlöslich. Der Name „Salz“ ist also wie das Wort „Säure“ ein rein chemischer Begriff.

I. Salze der Salpetersäure (Nitrate).

Die **Salpetersäure** HNO_3 bildet sich bei Gewittern durch die elektrischen Entladungen in kleiner Menge aus dem Stickstoff der Luft. Salpetersaure Salze entstehen teils unter Mitwirkung bestimmter Bakterien, teils bei Verwesung stickstoffhaltiger organischer Stoffe im Boden.

1. Der Natronsalpeter $NaNO_3$.

1. Aus Verhältnissen ganz ungewöhnlicher Art müssen die berühmten Lager von **Natronsalpeter** in Chile hervorgegangen sein. Sie

erstrecken sich in dem regenlosen Gebiet von Antofagasta und Atacama zwischen der Küstencordillere und der Hauptkette der Anden über ein Gebiet von 40 Quadratmeilen. Unter einer dünnen Staubdecke beginnt der salzhaltige Boden, der schließlich in die eigentliche, bis 2 m mächtige Schicht des Rohsalpeters übergeht. Steinsalz, Gips, Glaubersalz sind die hauptsächlichsten Begleiter des Salpeters; wichtig und wertvoll sind besonders noch die bor- und jodhaltigen Salze. Die Vermutung liegt nahe, daß hier Salze von Steppenseen nachträglich unter der Einwirkung stickstoffreicher organischer Substanzen in Salpeter umgewandelt wurden. Diese stickstoffreichen Substanzen sind aber kaum anderswo als in dem von den Guanolagern der benachbarten Landstriche und Inseln eingewehten Staub zu suchen.

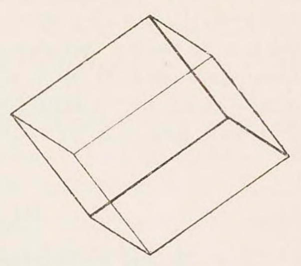


Abb. 142. Kristallform des **Natronsalpeters** (Rhomboeder).

2. Der Chilesalpeter wird als eines der besten **stickstoffhaltigen Dungmittel** in Millionen von Tonnen ausgeführt. Er ist aber auch das Ausgangsmaterial für die Fabrikation von Salpetersäure und Kalisalpeter. Bringt man entsprechende Mengen Sylvin und Natronsalpeter in heißer Lösung zusammen, so bildet sich durch Wechselzersetzung Kochsalz und Kalisalpeter. Dieser scheidet sich beim Abkühlen aus, während das Kochsalz in Lösung bleibt.

3. Die Kristalle des Natronsalpeters $NaNO_3$ sind Rhomboeder, die mit dem Grundrhomboeder des Kalkspats $CaCO_3$ (S. 90) vollkommen übereinstimmen (Abb. 142).

2. Der Kalisalpeter.

1. In Ländern mit trockenheißem Klima wie Ungarn, Spanien, Ägypten, Ostindien bilden sich nicht selten Ausblühungen von Kalisalpeter auf dem Boden, die zusammengekehrt (Kehrsalpeter) und durch Umkristallisieren gereinigt werden. Auch in Höhlen bildet sich infolge von Ansammlung von Tierexkrementen (Fledermäuse!) Kalisalpeter, wenn der Boden reich an Kali ist.

2. Kalisalpeter ist zur Fabrikation von Schießpulver, Feuerwerkssätzen und Sprengstoffen unentbehrlich. Der meiste wird, wie bereits angegeben, aus Natronsalpeter dargestellt, und seine Kristalle sind rhombische Säulen.

II. Salze der Kohlensäure (Karbonate).

Nach der Beschaffenheit ihrer Salze muß der **Kohlensäure** die Formel CO_3H_2 zugeschrieben werden. Sie zerfällt aber beim Freiwerden sofort in das gasförmige Kohlendioxyd und Wasser, $CO_2 + H_2O$. Nach älterer Anschauung wird auch die Verbindung CO_2 oft als Kohlensäure bezeichnet.

Als Verbrennungsprodukt kohlenstoffhaltiger Körper ist das Kohlendioxyd ebenso bekannt als in seiner Unentbehrlichkeit für den Aufbau des Pflanzenkörpers und in seiner Rolle bei der Atmung von Tieren und Pflanzen. Kohlensäuregas entströmt in großen Mengen dem vulkanischen Boden. Es wird vom Quellwasser aus der Tiefe heraufgebracht und bildet mit Salzen beladen die natürlichen Sauerbrunnen. Es dringt, vom atmosphärischen Wasser mitgeführt, in alle Poren der Gesteine ein und wirkt so als einer der mächtigsten Faktoren bei der Zersetzung der Silikatgesteine und der Neubildung von Mineralien mit.

a) Die Kalkspatgruppe.

Das Metall Calcium, von dem schon beim Flußspat die Rede war, bildet mit der Kohlensäure zwei kristallographisch und folglich auch physikalisch wesentlich verschiedene Mineralien, den hexagonalen Kalkspat und den rhombischen Aragonit. An jedes dieser Mineralien schließen sich andere von gleichartiger Kristallisation an.

1. Der Kalkspat $CaCO_3$.

A. Von der Verwendung der Kalksteine.

1. Keinem Mineral ist in der Geschichte der menschlichen Kultur eine edlere Verwendung zugefallen als dem Kalkstein. Denn als weißer **Statuenmarmor** diente er vor Jahrtausenden der orientalischen, griechischen und römischen wie später der christlichen, der Renaissance- und der modernen Bildhauerkunst. Weißer und **farbiger Marmor** in unerschöpflicher Mannigfaltigkeit fand und findet Verwendung bei Prunkbauten, in der Innenarchitektur und zu Denkmälern. Kalksteine aller Art dienen als Baumaterial und Straßenschotter. Der lithographische Kalkstein ist die Grundlage des Steindrucks. Die Kreide dient zum Schreiben und zu technischen Zwecken.

2. Neben diese Verwendungsarten, bei denen in erster Linie die physikalischen Eigenschaften des Minerals, wie Härte, Festigkeit, Korn, Politurfähigkeit, Färbung maßgebend sind, treten andere, die auf chemischen Eigenschaften und Prozessen beruhen. Am bekanntesten ist seine Verwendung zur Bereitung von **Mörtel.** Durch Erhitzen der Kalksteine in Kalköfen wird zunächst die Kohlensäure CO_2 ausgetrieben, so daß Kalkerde CaO oder gebrannter Kalk übrig bleibt:

$$CaCO_3 + \text{Wärme} = CaO + CO_2.$$

Übergießt man dann den gebrannten Kalk mit Wasser, so bildet sich unter heftiger Dampfentwicklung „gelöschter Kalk“ oder Kalkhydrat:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$

Dieser gelöschte Kalk dient, mit Wasser und Sand vermischt als Mörtel.

Die Verfestigung des Mörtels beruht darauf, daß das Hydrat aus der Luft Kohlensäure aufnimmt und sich allmählich wieder in kohlensauren Kalk umwandelt. — Verwandt mit der Mörtelbereitung ist die Fabrikation des **Zements.** Es sind hierzu Kalksteine erforderlich, die einen bestimmten Prozentsatz Tonerde und Kieselsäure enthalten. Die Zementindustrie ist in England und Deutschland in hoher Blüte und verarbeitet jährlich viele Millionen von Zentnern.

Weitere Anwendung finden Kalksteine und Marmor als Zuschlag bei der Verhüttung von Erzen, bei der Glasfabrikation sowie bei der Darstellung von Calciumcarbid, Calcium und Kohlensäure.

Um Kohlensäure im kleinen zu erhalten, gießt man verdünnte Salzsäure auf Marmorstückchen und fängt das sich unter Schäumen entwickelnde Gas in bekannter Weise auf. Das Aufschäumen von Gesteinen mit verdünnter Salzsäure ist stets ein Anzeichen für das Vorhandensein von kohlensaurem Kalk.

B. Von der Entstehung des Kalks und Kalkspats.

1. Bei Kalksteinen, die Versteinerungen enthalten oder fast ganz daraus bestehen, ist die Frage nach dem Ort und der Art der Entstehung leicht beantwortet. Sie sind ein Niederschlag aus dem Wasser, und die Beschaffenheit der Tierreste gibt näheren Aufschluß darüber, ob der Absatz in heißen, mäßig warmen oder kalten Meeren, im Brackwasser oder in Süßwasserbecken erfolgte. Wo z. B. riffbauende Korallen als Versteinerungen angetroffen werden, ist die Annahme begründet, daß das Meer einen ziemlich hohen Wärmegrad besaß.

2. Das Meerwasser selbst enthält nur sehr wenig Kalk in Lösung. Der Kalk, der ihm von den Flüssen aufgelöst zugeführt wird, wird samt dem Tonschlamm und den Eisenoxyden sofort niedergeschlagen oder von den Organismen zum Bau der Schalen usw. verbraucht. Die Flüsse aber verdanken ihren Kalkgehalt entweder der Zerstörung kalkhaltiger Sedimente — so daß also ein ewiger Wechsel von Zerstörung und Wiederabsatz der vorhandenen Kalksteine stattfindet — oder der Auslaugung der verwitternden kristallinen Gesteine, die aus kalkhaltigen Silikaten aufgebaut sind. Von der mechanischen und chemischen Zerstörung der kristallinen Gesteine stammen also in letzter Linie die kalkig-tonigen Sedimente.

3. Sind die Kalkablagerungen im Laufe der geologischen Epochen als Tafelländer aus der Tiefe emporgetaucht oder zu Faltengebirgen zusammengeschoben oder in Trümmer zerdrückt, so beginnt die Zirkulation des Wassers und bewirkt hier Lösung, dort Absatz neuer Kalkmassen. Hier entstehen Höhlen mit wunderbaren Tropfsteinbildungen, dort werden die Trümmer durch Eindringen gefärbter Lösungen zu Breccienmarmor verkittet, anderswo setzt sich Kalksinter und

lockerer Tuff ab. Auch die in Hohlräumen und Spalten kalkiger und fremder Gesteine abgesetzten grobkristallinen Kalkmassen und die Kalkspatkristalle, die durch ihren Formenreichtum jedes Auge entzücken, sind an dieser Stelle zu nennen.

4. Kommen Kalksteine aber unter die Einwirkung hoher Temperatur durch Berührung mit vulkanischen Gesteinen oder unter hohen Druck, wie er bei gebirgsbildenden Prozessen auftreten kann, so verwandeln sich die dichten Gesteine in kristallinisch-körnige **Marmore**, die je nach der Reinheit des ursprünglichen Kalks bald schneeweiß, bald bläulich, gelblich, rötlich gefärbt sind und nicht selten zahlreiche neugebildete Mineralien, besonders Kalksilikate, wie Granat, Epidot, Wollastonit u. a. einschließen.

C. Die Kristallformen des Kalkspats.

1. Grobkristalline Kalkspatmassen zerspringen beim Zerschlagen in spiegelglatte, parallelflächig begrenzte Spaltstücke. Auf eine solche ausgezeichnete Spaltbarkeit weist ja auch der alte Name Spat hin. Betrachtet man die Spaltstücke mit ihren Spaltrissen genauer (Abb. 143), so findet man, daß die sie begrenzenden drei Paare von Parallelogrammen einerlei Winkel besitzen, und daß an zwei entgegengesetzten Ecken des Körpers drei stumpfe

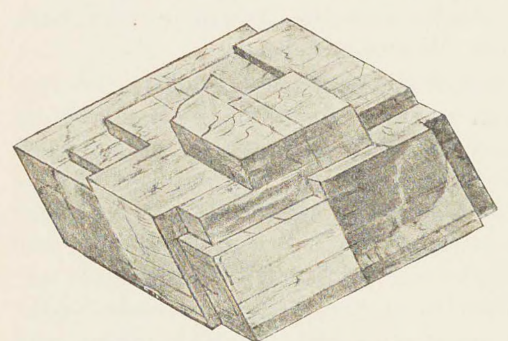


Abb. 143. **Spaltstück von Kalkspat,** mit Spaltrissen; etwas schematisiert.

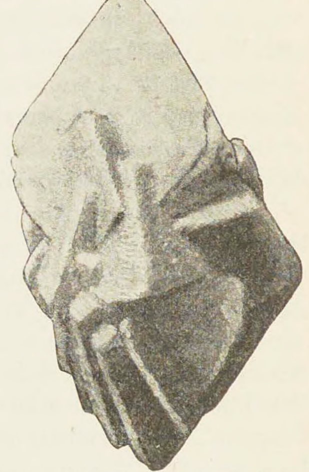


Abb. 144. **Kalkspatkristalle.** Spitze Rhomboeder.

Winkel zusammenstoßen, während an den übrigen sechs Ecken stets ein stumpfer Winkel mit zwei spitzen zusammentrifft. Es ist leicht zu sehen, daß hiermit die Kristallform des **Rhomboeders** gegeben ist. Sind die drei Flächenpaare einander gleich, so ist auch geometrisch ein Rhomboeder vorhanden.

2. Eine physikalische Eigenschaft, die Spaltbarkeit, führt also zur Erkennung des hexagonalen Kristallsystems, auch wenn das

Mineral nicht von natürlichen Kristallflächen begrenzt ist. Merkwürdigerweise kommt das Spaltungsrhomboeder oder Grundrhomboeder am Kalkspat selten für sich allein als natürliche Kristallform vor. Umso häufiger sind spitzere (Abb. 144) und stumpfere Rhomboeder (Abb. 145), welche in derselben Weise mit spitzen und stumpferen Pyramiden zusammenhängen, wie das Grundrhomboeder mit der Grundpyramide. Die spitzeren Rhomboeder haben als Grenzform das hexagonale **Prisma**, die stumpferen die ebene Endfläche oder die **Basis.** Beide treten häufig am Kalkspat auf und liefern dann scheinbar vollflächige Formen. Es entstehen tafelförmige Kristalle, wenn die Basis vorherrscht, säulige, wenn das Prisma das Übergewicht hat. Leicht verraten aber die Spaltrisse, oft auch die dreiseitig symmetrische Entwicklung der prismatischen Formen (vgl. Abb. 146) den eigentlichen, hemiedrischen Charakter der Kristalle.

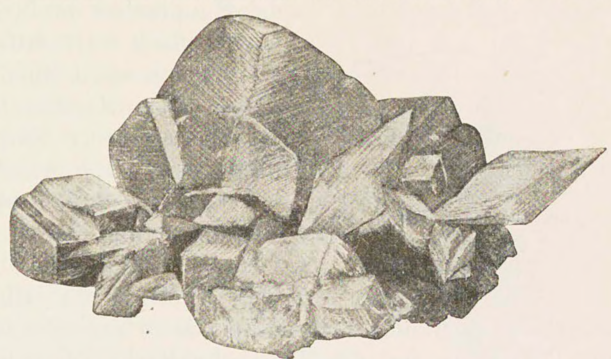


Abb. 145. **Kalkspat** von Andreasberg. Stumpfe Rhomboeder.

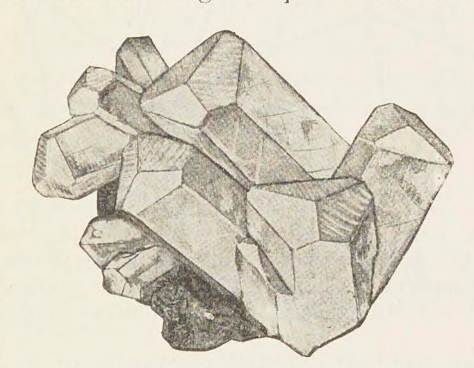


Abb. 146. **Kalkspat.** Das Prisma mit einem stumpfen Rhomboeder.

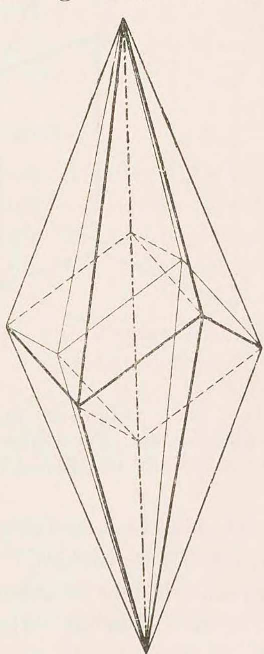


Abb. 147. **Ableitung des Skalenoeders aus dem Rhomboeder** durch Verlängerung der Hauptachse.

3. Andere, durch ihr häufiges Auftreten wichtige Kristallformen des Kalkspats (und anderer Mineralien) sind die **Skalenoeder.**

Sie sind von zwölf ungleichschenkligen (griech. skalēnós, eig. „hinkend“) Dreiecken begrenzt. Man kann aus jedem Rhomboeder beliebig viele Skalenoeder konstruieren, indem man, wie die Abbildung 147 zeigt, auf der Hauptachse des Kristalls zwei vom Mittelpunkt gleich weit entfernte Punkte wählt und sie mit den sechs Rhomboederecken verbindet, die an den Randkanten liegen. Man sieht, daß dieser neue Körper dieselbe Symmetrie besitzt wie das zugrunde liegende Rhomboeder.

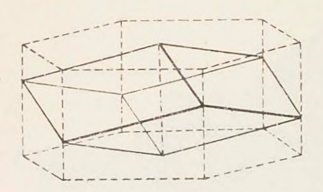


Abb. 148. **Ableitung des Rhomboeders.** Zweite Methode.

Um ein Skalenoeder aus Plastulin herzustellen, empfiehlt es sich, vom hexagonalen Prisma auszugehen. Man erhält aus einem Prisma direkt ein Rhomboeder, wenn man sämtliche vertikalen Prismenkanten in drei gleiche Teile teilt und durch die Teilpunkte und die Mitten der Basisflächen in der in Abbildung 148 angedeuteten Weise Schnitte legt. Es hängt natürlich von der Höhe

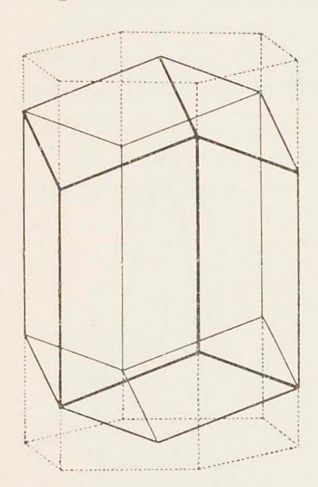


Abb. 149. **Ableitung des Skalenoeders.** Erste Stufe. Prisma mit Rhomboeder.

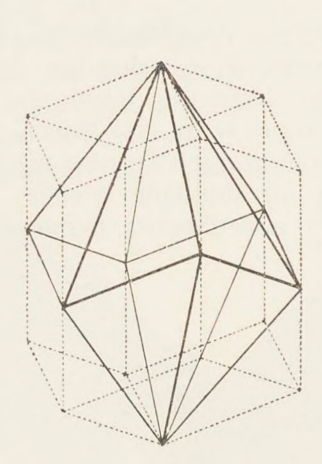


Abb. 150. **Ableitung des Skalenoeders.** Schnitte durch die Mittellinien.

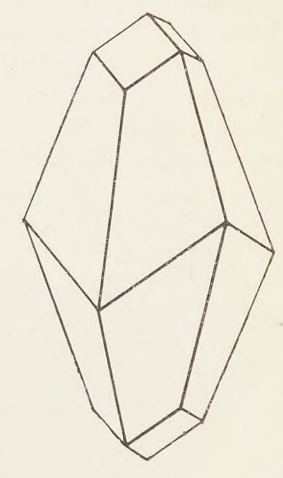


Abb. 151. **Kristallform des Kalkspats.** Skalenoeder mit Grundrhomboeder.

und dem Durchmesser des Prismas ab, ob man ein stumpfes oder spitzes Rhomboeder erhält. Um ein Skalenoeder zu erhalten, muß man das Prisma länger wählen und die Schnitte so ausführen, daß ein größerer Teil des Prismas erhalten bleibt, wie es Abbildung 149 zeigt*). Die

*) Bei richtiger Stellung des Rhomboeders ist das Prisma gegen die normale Stellung um 30° gedreht. (Prisma zweiter Stellung.) Man beachte die von der Ableitung des Rhomboeders aus der Quarzpyramide verschiedene Methode!

Reste der Prismenflächen sind auf- und ablaufende Parallelogramme. Zieht man jetzt ringsum die Mittellinien und legt durch diese und die Polenden des Rhomboeders Schnitte (Abb. 150), so erhält man das Skalenoeder. Es ist leicht zu sehen, daß sich aus demselben Rhomboeder je nach der Länge des Prismas verschiedene Skalenoeder ableiten lassen. Abbildung 147 stellt ein Skalenoeder dar, dessen Achse dreimal so lang ist als die des zugehörigen Grundrhomboeders. Es ist die häufigste der am Kalkspat auftretenden Skalenoederformen. In Abbildung 151 ist dieses Skalenoeder mit dem Grundrhomboeder kombiniert.

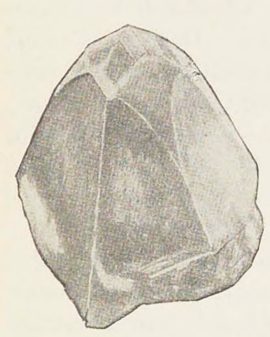


Abb. 152. **Kalkspat.** Herrschende Form ein Skalenoeder.

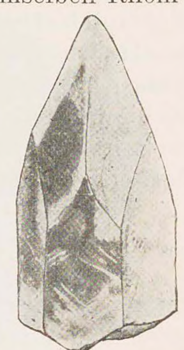


Abb. 153. **Kalkspat.** Prisma mit Skalenoeder.

4. Die Zahl der am Kalkspat beobachteten einfachen Formen und Kombinationen beläuft sich auf nahezu 1000; er übertrifft in dieser Hinsicht alle andern Mineralien. Die Abbildungen 152 und 153 stellen natürliche Kristalle dar, an denen Skalenoeder auftreten. Auch Zwillingsbildungen sind sehr häufig. Einen Skalenoederzwilling stellt Tafel VI, Figur 1 dar.

D. Optische Eigenschaften des Kalkspats.

1. Die Farben der Kalkspatkristalle sind weniger auffallend als die des Flußspats. Graue, gelbliche und rötliche Färbung ist neben Weiß bei Kristallen und stengeligen oder körnigen Aggregaten nicht selten, auch beobachtet man bisweilen Kristalle mit rotem Kern und farblos durchsichtiger Hülle.

2. Die prächtigen Regenbogenfarben, die man kaum je im Innern von Spaltstücken des Kalkspats vermißt, aber ebenso an andern durchsichtigen Mineralien beobachten kann (an Gips, Flußspat, Quarz z. B.), haben ihre Ursache in Störungen des Lichtdurchgangs an den feinen Spaltrissen und entstehen auf ähnliche Weise wie die bunten Farben der Seifenblasen.

3. An glashell durchsichtigen Spaltstücken von Kalkspat, die aus Island gebracht wurden, entdeckte 1670 der Däne Erasmus Bartholinus die **Doppelbrechung** des Kalkspats. Er war nicht wenig erstaunt, Figuren, die er durch solche Spaltstücke betrachtete, doppelt zu sehen, und führte allerlei Experimente aus, um die Erscheinung aufzuklären. Lange glaubte man, daß nur der isländische Spat diese Fähigkeit der Verdoppelung der Lichtstrahlen besitze, und nannte ihn darum isländischen Doppelspat. Es gehört zu den wichtigsten

Entdeckungen der Kristallphysik, daß diese Eigenschaft **allen Kristallen** mit Ausnahme der regulären zukommt. Auch zahlreiche andere von der Kristallisation abhängige optische Eigenschaften der Kristalle sind inzwischen entdeckt worden, und man kann mit Hilfe dieser Eigenschaften Mineralien ebenso sicher und vielfach leichter bestimmen als durch die chemische Analyse. Der isländische Kalkspat selbst ist dabei ein unentbehrlicher Bestandteil der zur Untersuchung benützten Instrumente geworden (Kalkspatprismen, -Platten), und da fehlerfreie Stücke immer seltener vorkommen, stehen sie sehr hoch im Preise.

2. Der Magnesit $MgCO_3$ und der Dolomit $(CaMg)CO_3$.

1. Das Karbonat des Magnesiums $MgCO_3$ führt als Mineral den Namen **Magnesit** oder **Talkspat.** Schöne Rhomboeder, und zwar wesentlich nur Grundrhomboeder, kommen als eingewachsene Kristalle in den Talk- und Chloritschiefern der Alpen vor; weiße dichte Massen finden sich in zersetztem Serpentin.

2. Weit verbreiteter ist das Doppelsalz von Calcium und Magnesium, der **Dolomit.** Er tritt nicht nur in den genannten Gesteinen und auf Erz- und Mineralgängen auf (in rhomboedrischen, sattelförmig gekrümmten Kristallen), sondern bildet wie der Kalk ausgedehnte Schichten und Felsmassen.

3. **Der Dolomit als Gestein.** Als Gestein bildet der Dolomit meist graue und bläuliche Massen von feinkristalliner Beschaffenheit. Von ähnlichem Kalk unterscheidet er sich dadurch, daß er mit Salzsäure nicht aufbraust. Geschichtete Dolomite finden sich zahlreich im Zechstein und in der Muschelkalkformation. Aber auch mächtige riffartige, plumpe Felsmassen, die „Dolomiten“ Südtirols, bestehen aus Dolomit. Hier sind es alte Korallenriffe, deren Kalk unter dem Einfluß des im Meer enthaltenen Magnesiums und hoher Temperaturen in Dolomit umgewandelt wurden. Durch seine seltenen Mineralien berühmt ist der zuckerartig weiße Dolomit des Binnentals.

3. Der Eisenspat $FeCO_3$ und der Manganspat $MnCO_3$.

1. Auch der **Eisenspat** (Spateisenstein) kristallisiert fast nur nach dem Grundrhomboeder, nach dem er zugleich spaltbar ist (Abb. 154). Aufgewachsene, durchscheinend gelbbraune Einzelkristalle kommen von Neudorf am Harz. Größere Eisenspatmassen sind grobkristallin und je nach der Frische graugelb, gelbbraun (Tafel VI, Fig. 3), durch Verwitterung zu Brauneisen braun bis schwarzbraun, oder klein- bis feinkörnig und dann häufig mit Kalk, Ton, Kohle verunreinigt (Toneisenstein und Kohleneisenstein, engl. Blackband). Der Kalk erscheint auf dem verwitterten Eisenspat als „Eisenblüte“ in Form von schnee-

weißen Krusten und korallenähnlichen, überaus zierlichen Bildungen aus Aragonit (vgl. S. 98).

2. **Vorkommen und Verwendung.** Der Eisenspat gehört zu den gesuchtesten Eisenerzen. Wo er daher in größeren Mengen vorkommt, findet ein lebhafter Bergbau statt. Nach der Art des Vorkommens kann man unterscheiden

a) den Spateisenstein der Erzgänge, der mit Quarz zusammen aufzutreten pflegt (Siegen, Neudorf im Harz usw.);

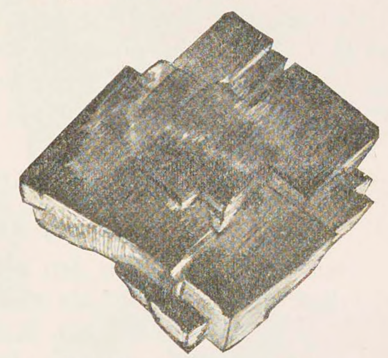


Abb. 154. **Eisenspat** von Siegen. Rhomboedrische Kristalle.

b) die großen, zwischen den Kalken und kristallinen Schiefern von Kärnten (Hüttenerz) und Steiermark (Eisenerz) eingeschalteten Spateisenmassen, von denen besonders der Erzberg bei Eisenerz zu erwähnen ist, der seit undenklichen Zeiten steinbruchartig in staffelförmigem Tagebau abgebaut wird;

c) die mit der Steinkohlenformation oder andern Schichtgesteinen verknüpften schwarzen oder tonigen Spateisensteine des Ruhr- und Saargebiets, Schlesiens und insbesondere Englands (Blackband).

Der Manganspat. Auf Erzgängen sowie auf Eisen- und Manganerzlagern ist auch der Manganspat $MnCO_3$ nicht selten. Er tritt entweder in Form rhomboedrischer Kristalle und kristalliner Massen oder als Rinde von schön rosenroter bis himbeerroter Farbe auf (Tafel VI, Fig. 2).

4. Der Zinkspat oder Galmei $ZnCO_3$.

1. Neben der Blende ist der **Zinkspat** oder **Galmei** $ZnCO_3$ das wichtigste Zinkerz. Er bildet unscheinbare gelbliche Kristalle (Rhomboeder), vorwiegend aber graue oder durch Brauneisen, Kupfer usw. lebhafter gefärbte dicke Krusten und derbe Massen. Fast ausnahmslos sind die Galmeilagerstätten an Kalk und Dolomit gebunden. Während in größerer Tiefe Markasit, Bleiglanz und Blende auftreten, sind da, wo die Kalkmassen der Erdoberfläche näher liegen, Galmei und Brauneisen die herrschenden Erze; die stark zerklüfteten Höhlungen im Kalk und Dolomit mit den Resten des Bleiglanzes und den zahlreichen Umwandlungsprodukten der sulfidischen Erze lassen den Einfluß des zirkulierenden kohlensäurehaltigen Wassers deutlich erkennen. Zu den berühmtesten und wertvollsten Galmeilagerstätten gehört das Gebiet um Beuthen und Tarnowitz in Oberschlesien, alt ist die Gewinnung der Zinkerze in der Umgebung von Aachen, in Belgien, bei Brilon und Iserlohn, bei Raibl in Kärnten, bei Wiesloch in Baden. Hier

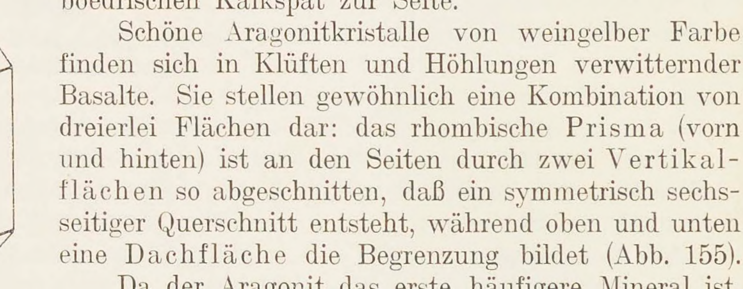
enthält der Galmei auch das Karbonat des seltenen, dem Zink verwandten Metalls Cadmium.

Die **Zinkproduktion** ist infolge der steigenden Verwendung des Metalls für Zinkblech, Zinkdraht, für galvanische Apparate, für die Herstellung von Messing und andern Legierungen in stetem Steigen begriffen. Sie betrug im Jahre 1901 über 10 Millionen Zentner im Werte von 180 Millionen Mark, wovon auf Deutschland allein über 3 Millionen Zentner im Werte von mehr als 50 Millionen Mark entfallen.

b) Die Aragonitgruppe.

1. Der Aragonit $CaCO_3$.

Der **Aragonit,** nach den bei Molina in Aragonien vorkommenden Kristallen benannt, steht als **rhombisches** Kalkkarbonat dem rhomboedrischen Kalkspat zur Seite.



Schöne Aragonitkristalle von weingelber Farbe finden sich in Klüften und Höhlungen verwitternder Basalte. Sie stellen gewöhnlich eine Kombination von dreierlei Flächen dar: das rhombische Prisma (vorn und hinten) ist an den Seiten durch zwei Vertikalflächen so abgeschnitten, daß ein symmetrisch sechsseitiger Querschnitt entsteht, während oben und unten eine Dachfläche die Begrenzung bildet (Abb. 155).

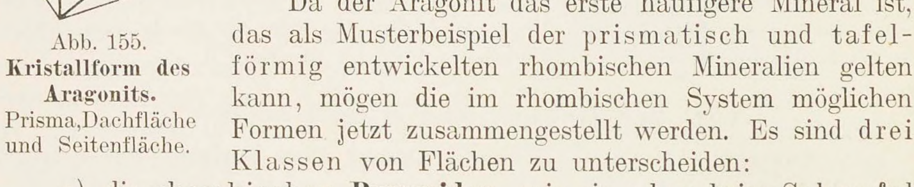


Abb. 155. **Kristallform des Aragonits.** Prisma, Dachfläche und Seitenfläche.

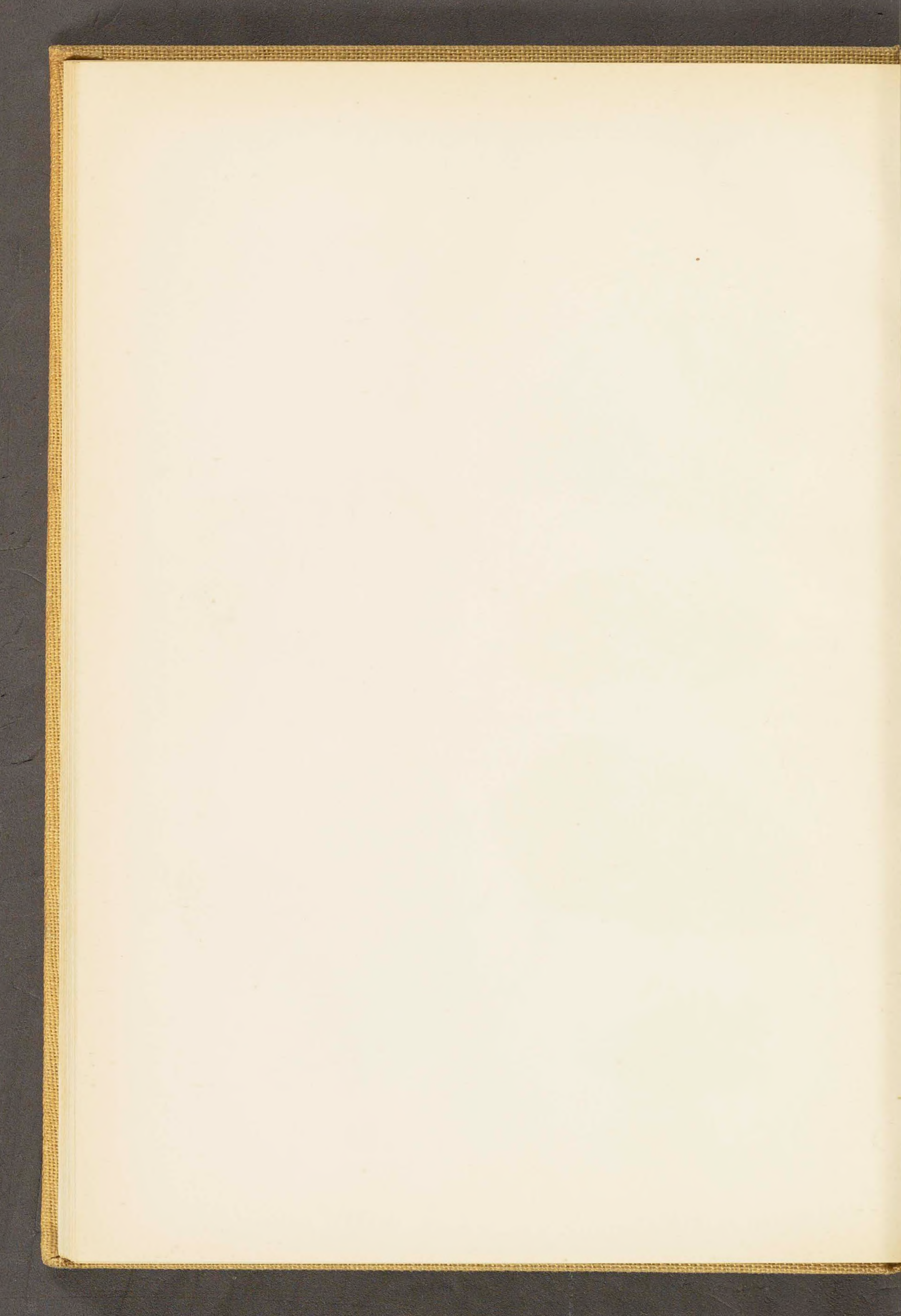
Da der Aragonit das erste häufigere Mineral ist, das als Musterbeispiel der prismatisch und tafelförmig entwickelten rhombischen Mineralien gelten kann, mögen die im rhombischen System möglichen Formen jetzt zusammengestellt werden. Es sind drei Klassen von Flächen zu unterscheiden:

a) die rhombischen **Pyramiden,** wie sie schon beim Schwefel beschrieben wurden; sie sind von acht ungleichseitigen Dreiecken begrenzt und bedingen die Winkel aller weiteren Formen.

Tafel VI. Karbonate.

1. **Kalkspat** von Weardale (Cumberland). Skalenoederzwilling.
2. **Manganspat** von Eiserfeld bei Siegen.
   Der Kern ist von einer Schicht jüngerer Kristalle überzogen.
3. **Eisenspat** von Siegen (Westfalen). Rhomboedrische Spaltbarkeit.
4. **Galmei** von Wiesloch bei Heidelberg.
5. **Erbsenstein** (Aragonit) von Karlsbad (Böhmen).
6. **Malachit** von Rudjansk (Ural).
   Feinfaseriges und dadurch seidenglänzendes Stück.
7. **Malachit** von Nischne Tagilsk (Ural).
   Nierig-schaliges Stück, angeschliffen.
8. **Kupferlasur** von Risbee (Arizona).
   Die Kristalle sitzen auf Brauneisen.


1
5
2
3
4
6
7
8



b) die rhombischen **Prismen** (Abb. 156), unterschieden in die vertikalen, eigentlichen Prismen, und die horizontalen Dachflächen oder **Domen**: die Querdomen parallel der Querachse (Abb. 157), die Längsdomen von vorn nach hinten (Abb. 158). Sie sind an zwei Seiten offen, müssen also hier durch andere Flächen begrenzt sein.

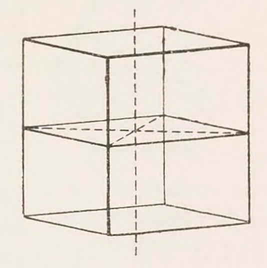


Abb. 156. **Rhombisches Prisma** mit Basis (oben und unten).

c) die rhombischen **Pinakoide** (vom griech. pinax, Tafel), das sind die drei Flächenpaare, die den Symmetrieebenen parallel laufen: das horizontale Pinakoid oder die **Basis,** die auch beim Schwefel auftritt, und die beiden aufrechten Pinakoide, die **Querfläche** (Abb. 158) und die **Längsfläche** (Abb. 157). Sie können mit Domen, Prismen, Pyramiden in beliebiger Weise kombiniert auftreten. In Abbildung 159 ist z. B. die Kombination der Basis und der Querfläche mit dem Längsdoma dargestellt, in Abbildung 160 ein tafelförmiger Kristall mit Basis,

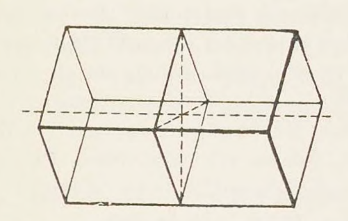


Abb. 157. Das **Querdoma** mit Längsfläche (rechts und links).

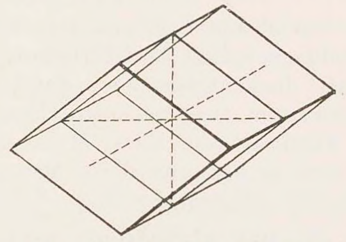


Abb. 158. Das **Längsdoma** mit Querfläche (vorn und hinten).

Längsdoma und Querdoma; eine sehr flächenreiche rhombische Kombination zeigt der Olivinkristall S. 118.

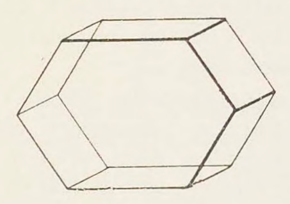


Abb. 159. **Rhombische Kombination.** Querfläche, Längsdoma und Basis.

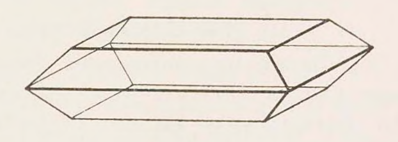


Abb. 160. **Tafelförmiger Kristall** mit Basis, Längs- und Querdoma.

Ausbildungsweisen des Aragonits. Überaus häufig kommen beim Aragonit Zwillingsbildungen vor. Besonders bemerkenswert sind die aus der Durchdringung von drei Kristallen entstehenden scheinbar

hexagonalen Säulen (Abb. 161), die von Molina in trübroten, durch Ton und Eisen verunreinigten, rissigen Einzelkristallen, aus den Schwefellagern von Girgenti in prächtig glasglänzenden, weißen und durchscheinenden Kristalldrusen bekannt sind.

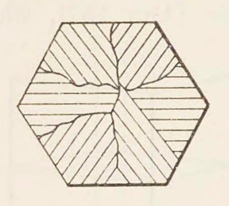


Abb. 161. **Aragonitdrilling** im Grundriß.

Andere charakteristische Ausbildungsformen sind strahligfaserige Aggregate, nierig-traubige Rinden (in Höhlungen des Basalts), korallenartig verzweigte weiße Überzüge auf verwittertem Eisenspat (die „Eisenblüte“ von Hüttenberg), endlich die lagenweise abgesetzten Kalksinter und die Erbsensteine von Karlsbad (Tafel VI, Fig. 5). Die Erbsensteine entstehen dadurch, daß feine Sandkörnchen durch den Sprudel emporgetrieben werden und sich mit Aragonithäutchen überziehen, bis sie infolge zunehmenden Gewichts auf dem Grunde liegen bleiben und zusammenbacken.

2. Das Weißbleierz $PbCO_3$.

In den oberen Regionen der Bleiglanzlagerstätten findet sich als häufiges Umwandlungsprodukt des Bleiglanzes der Cerussit oder das **Weißbleierz.** Es bildet diamantglänzende, durchscheinend weiße oder graue, durch ihren Flächenreichtum ausgezeichnete rhombische Kristalle und Aggregate. Bekannte Fundorte sind Ems, Mies (in Böhmen), Bleiberg, Commern. Wo das Mineral in abbauwürdigen Mengen auftritt, ist es ein wertvolles Bleierz.

3. Der Strontianit $SrCO_3$ und der Witherit $BaCO_3$.

1. Nur von wenigen Fundstellen sind zwei andere rhombische Karbonate bekannt, das kohlensaure Strontium, der **Strontianit** $SrCO_3$, und das kohlensaure Barium, der **Witherit** $BaCO_3$. Sie enthalten die dem Calcium nahestehenden Metalle Strontium (Sr) und Barium (Ba). Der Strontianit wurde zuerst auf Erzgängen in Schottland (Strontianshire) entdeckt; größere strahlig-stengelige Massen werden bei Hamm in Westfalen abgebaut. Der Witherit findet sich auf Bleierzgängen in England.

2. Witherit und Strontianit dienen als Ausgangsmaterial für die Darstellung anderer Barium- und Strontiumpräparate. Besonders wichtig ist der Strontianit für die Zuckerfabriken. Außerdem dient er zur Herstellung des bengalischen Rotfeuers, da er die Flamme lebhaft karminrot färbt. Der Witherit erteilt der Flamme eine charakteristische gelbgrüne Färbung.

c) Basische Karbonate.

Als basische Karbonate bezeichnet man kohlensaure Salze, die zugleich das Hydroxyd des betreffenden Metalls enthalten.

Der Malachit $CuCO_3 . Cu(OH)_2$ und die Kupferlasur $2 CuCO_3 . Cu(OH)_2$.

Überall, wo sich Kupfererze in der Nähe der Erdoberfläche befinden, treten als Endprodukte der Zersetzung zwei prachtvoll gefärbte Karbonate auf, der grüne Malachit und die blaue Kupferlasur.

1. Der **Malachit** $CuCO_3 . Cu(OH)_2$ ist die häufigere Verbindung. Er bildet strahlige, smaragdgrün durchsichtige Kristalle, häufiger seidenglänzende Aggregate (Tafel VI, Fig. 6) oder grüne Anflüge. Im Ural kommen gewaltige Massen von knollig-nierenförmiger Struktur vor, die in den verschiedensten grünen Farbentönen gebändert und gezeichnet sind (Tafel VI, Fig. 7). Dadurch wird der Malachit zu einem kostbaren Material für die dekorative Kunst, das in Platten geschnitten und poliert wie Marmor verwendet oder zu allerhand Schmuckgegenständen verarbeitet wird (Jekaterinburg im südlichen Ural).

2. Die **Kupferlasur** $2 CuCO_3 . Cu(OH)_2$ bildet tiefblaue glasglänzende Kristalle von tafeliger oder schiefsäuliger Form, die dem monoklinen System (vgl. S. 103) angehören. Besonders prachtvolle Kristalle kommen neuerdings aus Australien und Arizona; ein alter Fundort ist Chessy bei Lyon, wo die Kristalle in Ton eingewachsen auftreten (vgl. S. 67 und Tafel VI, Fig. 8). Auch sonst ist das Mineral in Form von Anflügen und Überzügen auf Erzlagerstätten verbreitet und kann wie der Malachit ein wertvolles Kupfererz werden.

III. Salze der Schwefelsäure (Sulfate) und verwandte Mineralien.

Durch Aufnahme von Sauerstoff entsteht aus der schwefligen Säure die **Schwefelsäure** SO_4H_2. Sie kommt in der Natur nicht frei vor, bildet aber eine Anzahl von weitverbreiteten Mineralien. Ihnen schließen sich die Salze von andern, selteneren Mineralsäuren an.

a) Die Gruppe des Schwerspats.

1. Der Schwerspat oder Baryt $BaSO_4$.

1. Sein hohes Eigengewicht (vgl. S. 4), von dem der **Schwerspat** den Namen hat, verdankt er dem in ihm enthaltenen spezifisch schweren Metall Barium (vom griech. barýs, schwer). Er ist eines der häufigsten Mineralien der Erzgänge und das weitaus verbreitetste aller Bariummineralien, denn er füllt oft für sich allein ganze Gangsysteme aus.

Seine Kristalle sind bisweilen farblos oder in lichten gelben, bläulichen, grünen, bräunlichen und roten Tönen durchsichtig, und besitzen ausgezeichneten Glasglanz (Tafel VII, Fig. 1); sonst sind sie häufig (besonders die blätterig-kristallinen, körnigen und dichten Massen, die die Gänge erfüllen) rein weiß oder rötlichweiß.

2. **Kristallformen.** 1. Die Glieder der Barytgruppe gehören zu den schönsten und flächenreichsten rhombischen Mineralien. Zugleich sind sie ausgezeichnet spaltbar, und zwar so, daß die Spaltstücke rhombische Prismen bilden. Es ist üblich, das Prisma als Querdoma, also seine Endflächen als Längsfläche aufzustellen. Die Spaltbarkeit nach der Längsfläche ist vollkommener als die nach dem Doma.

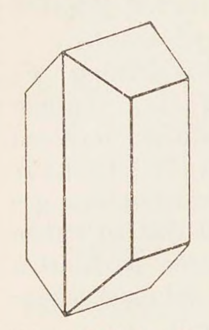


Abb. 162. **Kristallform** des Baryts.

2. Durch Vorherrschen der Längsfläche werden die Kristalle tafelförmig. Sie können dabei rhombisch oder durch Auftreten des Prismas und des Längsdomas rechteckig begrenzt erscheinen (Abb. 162). Durch das Vorherrschen von Prismen entstehen sehr charakteristische meißelähnliche Gestalten. Außerordentlich häufig sind rosetten- und fächerförmige Aggregate von dünntafeligen Kristallen (Barytsonnen). Viele Barytgänge sind nachträglich verkieselt (Pseudomorphosen von Quarz und Baryt), aber die blätterige Struktur der Quarzmasse verrät untrüglich die frühere Beschaffenheit.

2. Der Cölestin $SrSO_4$.

Der **Cölestin** $SrSO_4$ ist das häufigste Strontiummineral. Prachtvolle bläuliche Kristalle — der Name Cölestin (von coelum, Himmel) soll an die Farbe erinnern — kommen von Giershagen und von der Strontianinsel im Eriesee (Tafel VII, Fig. 2). Sie sind dem Baryt völlig isomorph. Farblose und bläuliche, prismatische und meißelförmige Kristalle treten mit Aragonit in den Schwefellagerstätten Siziliens auf. Ein ganz eigentümliches Vorkommen sind die graublauen, stengeligen Platten von Cölestin, welche gelegentlich zwischen den Schichten des Muschelkalks gefunden werden (Dornburg bei Jena, Blumberg). — Verwendung zur Darstellung des Strontiumkarbonats (vgl. Witherit).

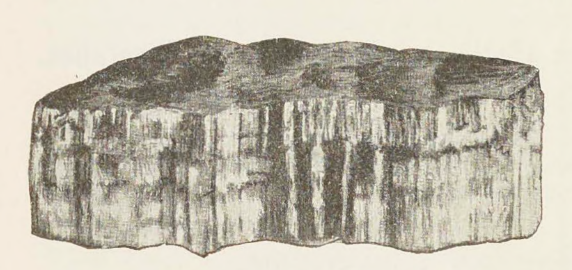


Abb. 163. **Stengeliger Cölestin** von Dornburg.

3. Der Anglesit $PbSO_4$.

Dem Weißbleierz entspricht als Sulfat der **Anglesit** $PbSO_4$ (nach der Insel Anglesea, einem wichtigen Fundort). Auch er ist ein Zersetzungsprodukt der oberen Regionen von Bleiglanzlagern. Die Kristalle sind farblos oder grau und lebhaft diamantglänzend.

b) Der schwefelsaure Kalk als Anhydrit und Gips.

1. Der Anhydrit $CaSO_4$.

1. Der schwefelsaure Kalk findet sich in der Natur in zwei Formen: wasserhaltig als Gips, wasserfrei als **Anhydrit** $CaSO_4$ (griech. án-hydros, ohne Wasser). Beide Mineralien entstehen als erste Abscheidungen bei der Bildung der Salzlager, und zwar entsteht der seltenere Anhydrit bei höherer Temperatur (um 30°), der Gips bei niedriger Temperatur. Vielfach erleidet der Anhydrit durch Wasseraufnahme eine Umwandlung zu Gips, wobei infolge der starken Volumzunahme eine Quellung der Schichten eintritt.

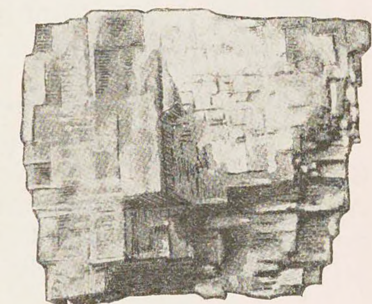


Abb. 164. **Anhydritspaltstück.**

2. Der Anhydrit bildet dickprismatische, rhombische oder würfelähnliche, glasglänzende Kristalle und Aggregate. Die würfelähnlichen sind Kombinationen der drei rhombischen Pinakoide (vgl. S. 97); nach ihnen ist der Anhydrit auch spaltbar (Abb. 164). Er ist daher nicht mit den Mineralien der Barytgruppe isomorph. Die Kristalle sind farblos oder blaßviolett, die kristallinen und dichten Massen bläulich, grau, rötlich. — Die größte Verbreitung hat der Anhydrit in den Salzlagerstätten der Alpen, in der Anhydritregion des Zechsteinsalzes von Staßfurt, im mittleren Muschelkalk Schwabens.

2. Der Gips $CaSO_4 . 2H_2O$.

Vom Anhydrit unterscheidet sich der Gips chemisch durch den Wassergehalt. Das Wasser läßt sich leicht nachweisen, wenn man etwas Gips in einem Kölbchen erhitzt: nach kurzer Zeit beschlägt sich der Hals des Kölbchens mit Wassertropfen.

A. Anwendungen des Gipses.

1. Die Verwendung des Gipses als Mineraldünger und in der Bautechnik ist allgemein bekannt. Als Dungmittel braucht er nur gemahlen zu werden; er ist besonders für schwere, nasse Böden wertvoll. Für Bauzwecke muß er auch noch gebrannt, d. h. es muß durch Erhitzen auf etwa 110° der größte Teil des Wassers ausgetrieben werden. Derartig gebrannter Gips besitzt die Eigenschaft, mit Wasser zu Brei angerührt rasch zu erstarren. Je nach dem besonderen Zweck werden dem Gips auch noch Farbstoffe, Kalkmehl, Sand beigemengt (Stuck, Stuckmarmor, Gipsdielen). Für die Herstellung von Gips-

abgüssen muß natürlich ganz feines und reines Gipsmehl benützt werden. Durch Alkohol, Leimwasser, Alaunlösung erhält der Brei eine größere Härte.

2. Eine schneeweiße, dichte, durchscheinende Abart des Gipses, der **Alabaster,** besonders von Volterra in Toscana, ist für kleine Bildhauerwerke von wundervoller Wirkung. Für größere Kunstwerke, die im Freien aufgestellt werden sollen, kommt Alabaster wegen seiner Seltenheit und großen Empfindlichkeit (Härte 2) nicht in Betracht. Vom Marmor läßt er sich leicht durch Anfühlen unterscheiden: dieser fühlt sich als guter Wärmeleiter kalt, Alabaster als schlechter warm an.

B. Vorkommen und Bildung des Gipses.

1. Nächst dem kohlensauren Kalk ist der in der Gestalt des Gipses auftretende schwefelsaure Kalk das verbreitetste der chemischen Sedimente. Seiner Abscheidung aus den abflußlosen Gewässern der Steppenregionen, aus dem Meerwasser, aus den Salzsolen ist bereits bei der Beschreibung der Steinsalzlager gedacht worden. So findet sich denn auch Gips in mächtigen Schichten und Stöcken oder in dünneren, mit Ton und Kalk wechselnden Lagen überall in Verbindung mit Salzlagern. Aber wie das Steinsalz verbreiteter ist als die leichtlöslichen Abraumsalze, so ist der schwerer lösliche, also bei der Verdunstung des Wassers in erster Linie ausgefällte Gips wieder verbreiteter als das Steinsalz. Im Zechstein, in der alpinen Triasformation (Berchtesgaden usw.), im oberen Buntsandstein (Jena), im Muschelkalk und besonders im Keuper, dann wieder in der Tertiärformation (Pariser Becken) bildet er weitverbreitete Schichtenkomplexe. Die große Löslichkeit des Gipses gibt zu ausgedehnten Höhlenbildungen Anlaß, der häufige Einsturz der Hohlräume zur Bildung von Erdfällen und trichterförmigen Senkungen des Bodens.

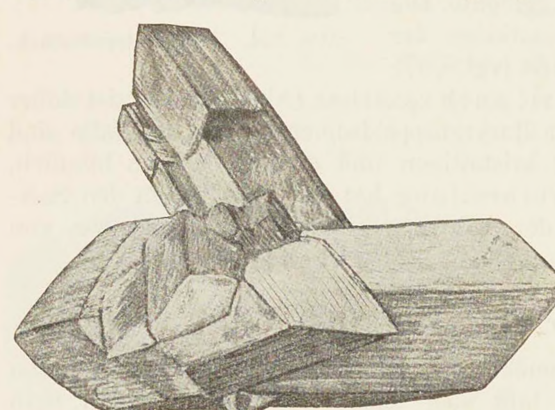


Abb. 165. **Gruppe von Gipskristallen** aus den Tonen von Wiesloch.

2. Der als Felsart auftretende Gips ist entweder dicht, vielfach mit kleinen und größeren Kristallen durchsetzt (Blumengips), von gelblichweißer oder (durch Ton verunreinigt) grauer und rötlicher Farbe, oder er zeigt als **Fasergips** feinfaserige Struktur senkrecht zu den Schicht-

flächen. Diese Fasergipse besitzen meist reinweiße Farbe und, wenn die Fasern fein genug sind, prachtvollen Seidenglanz. Es ist natürlich, daß sich in den Hohlräumen des Gipsgebirges oder in den Schachtanlagen der Salzbergwerke aus den konzentrierten Gipslösungen auch Kristalle abscheiden, und daß sich bei ungestörter Kristallisation ähnlich wie beim Steinsalz große, wasserhell durchsichtige Gipsmassen bilden. Sie lassen sich infolge einer ausgezeichneten Spaltbarkeit in durchsichtige Tafeln zerlegen, die als „Fraueneis“ oder „Marienglas“ wie Fensterglas benützt werden können. An vielen Orten ist aber auch die Neubildung von Gipskristallen zu beobachten. Sie findet überall da statt, wo sich Sulfide (besonders Schwefelkies und Markasit) zersetzen und das zirkulierende Wasser kalkhaltig ist. Diese Bedingung ist nicht nur in Erzgängen erfüllt, sondern auch in Tonen, die reich an organischen Resten sind; der Schwefelgehalt der Organismen führt zunächst zur Bildung von Pyrit und weiter zur Bildung von Brauneisen und Gips. Eine unerschöpfliche Fundstätte von modellartig scharf ausgebildeten, wasserklaren, in Ton eingewachsenen Gipskristallen sind die tertiären Tonlager bei Wiesloch i. B. (Abb. 165).

C. Die Kristallformen des Gipses.

Der Gips kristallisiert **monoklin.** Die eingewachsenen Gipskristalle sind vorzüglich geeignet, die allgemeinen Eigenschaften der monoklinen Kristalle zu erläutern.

1. Wir beobachten an einem Gipskristall dreierlei Flächen: zwei Parallelogramme bilden die Seiten, je vier unter Winkeln von 111° und 144° zusammenstoßende Paralleltrapeze die Ränder der tafelförmigen Kristalle (Abb 166). Es ist nur **eine** Symmetrieebene vorhanden. Halten wir den Kristall so, daß die Symmetrieebene vertikal von vorn nach hinten geht, und daß die unter dem kleineren Winkel zusammenstoßenden Randflächen senkrecht stehen, so können wir diese vier Flächen als ein Prisma, die Seitenflächen als Längsfläche bezeichnen. Die vier andern, die wie geneigte Dachflächen erscheinen, werden als **negative Halbpyramide** bezeichnet. Diese Bezeichnung erfordert eine besondere Erklärung.

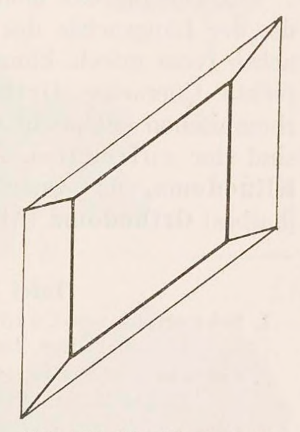


Abb. 166. Ein **Gipskristall,** von der Seite gesehen.

2. Drei aufeinander senkrechte Symmetrieebenen waren für die rhombischen Kristalle kennzeichnend; Grundform war die rhombische Pyramide, begrenzt von acht ungleichseitigen Dreiecken, ihre Gestalt war bedingt durch das Verhältnis der Achsenlängen.

Drehen wir jetzt eine der Achsen, etwa die von hinten nach vorn gerichtete „Längsachse" nach unten aus ihrer Lage heraus (Abb. 167), so wird sofort die Symmetrie zerstört, es ist nur noch **eine** Symmetrieebene vorhanden. Die Pyramide läßt sich nur noch in eine rechte und linke, nicht mehr in eine obere und untere oder vordere und hintere symmetrische Hälfte zerlegen, und die über den stumpfen Achsenwinkeln liegenden Dreiecke haben eine andere Gestalt als die über den

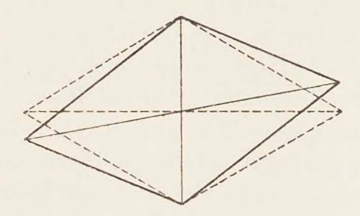


Abb. 167. Verwandlung der rhombischen in die **monokline** Symmetrie.

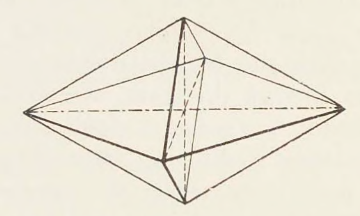


Abb. 168. Die beiden **Halbpyramiden** des monoklinen Systems.

spitzen Winkeln (Abb. 168). Da also kein Symmetriezwang mehr besteht, können die beiden Arten von Pyramidenflächen unabhängig voneinander auftreten. Wir haben nur noch halbe Pyramiden: die vier Flächen über den stumpfen Winkeln bilden die negative, die andern die positive Halbpyramide.

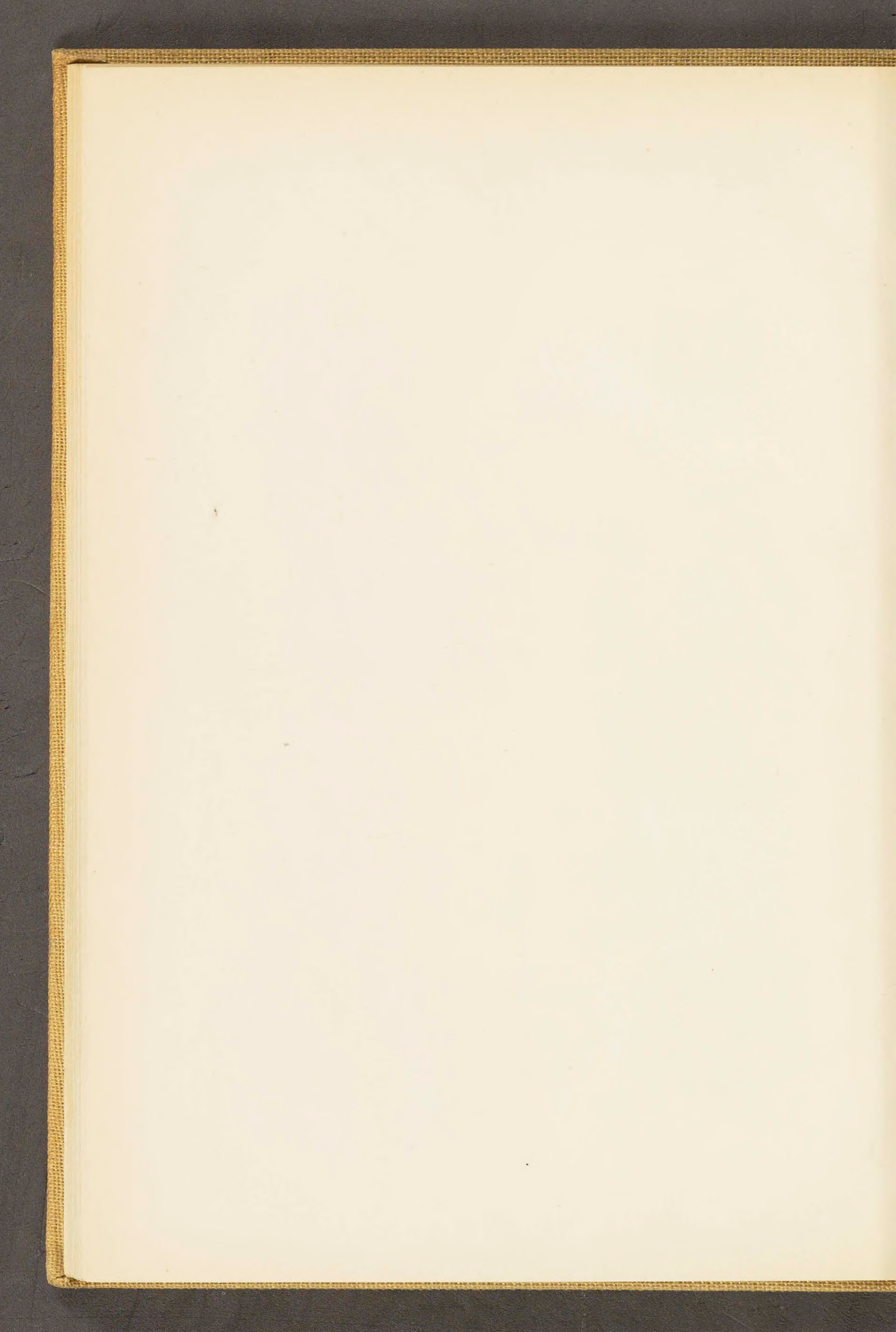
3. Die für das monokline System charakteristische **schiefe** Achse, die der Längsachse des rhombischen Systems entspricht, heißt Klinoachse (vom griech. klíno, ich neige), die auf der Symmetrieebene senkrechte Querachse Orthoachse (vom griech. orthós, senkrecht). Dem rhombischen entspricht vollständig das monokline **Prisma,** seine Flächen sind der aufrechten Achse parallel. Dem Längsdoma entspricht das **Klinodoma,** das Querdoma zerfällt in ein negatives und positives (halbes) **Orthodoma** (Abb. 169). Die Längsfläche heißt Klinopinakoid,

---

Tafel VII. Sulfate, Phosphate u. Verw.

1. **Schwerspat** von Cumberland.
   Meißelförmiger, bräunlicher Kristall.
2. **Cölestin** von Strontian Island (Eriesee).
   Blaßblauer, tafelförmiger Kristall.
3. **Gips** vom Montmartre (Schwalbenschwanzzwilling).
4. **Wulfenit** von Red Cloud Mine, Arizona.
5. **Apatit** von Canada. Renfrew (Ontario).
   Spargelgrüne Prismen mit Pyramide und Basis.
6. **Pyromorphit** (Grünbleierz) von Ems.
   Ölgrüne, fäßchenförmige Kristalle.
7. **Türkis** von Los Cerillos (Neu Mexiko).
8. **Kobaltblüte** von Schneeberg im sächs. Erzgebirge.


1
2
3
5
4
6
7
8



weil sie der Klinoachse parallel geht, die Querfläche entsprechend Orthopinakoid, für die schiefe Endfläche oder Basis besteht keine

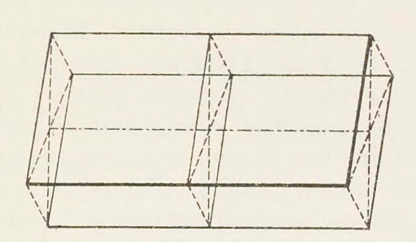


Abb. 169. Das **negative Orthodoma** des monoklinen Systems.

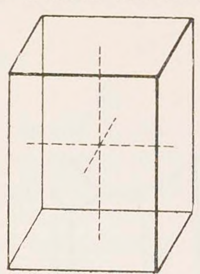


Abb. 170. Die **drei Pinakoide** des monoklinen Systems.

neue Bezeichnung (Abb. 170). Damit ist der Formenkreis der monoklinen Kristalle erschöpft.

4. Der Symmetrieebene parallel geht beim Gips die schon erwähnte ausgezeichnete Spaltbarkeit (Abb. 171). Sie ist so vollkommen, daß man die Kristalle mit Leichtigkeit in papierdünne, biegsame Blättchen zerlegen kann. Parallele Risse, die entstehen, wenn man von den spitzen Winkeln her die Blättchen mit dem Messer abhebt, deuten eine zweite Spaltbarkeit an.

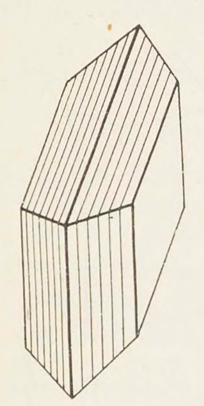


Abb. 171. **Spaltbarkeit des Gipses** nach der Längsfläche.

Überaus häufig sind Zwillingsbildungen; die gewöhnlichste beruht auf der Verwachsung zweier Kristalle parallel dem Orthopinakoid (Abbildung 172). Nach einem anderen Gesetz sind die sogenannten Schwalbenschwanzzwillinge vom Montmartre bei Paris gebaut, deren charakteristische Form Figur 4 auf Tafel VII wiedergibt.

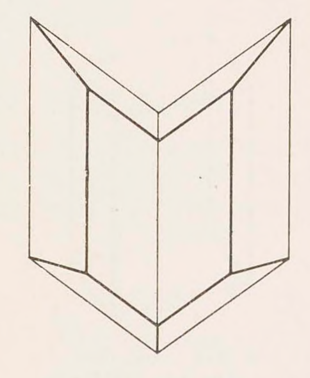
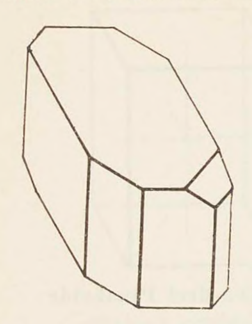


Abb. 172. Modell eines **Gipszwillings,** von der Seite gesehen.

c) Andere, wasserhaltige Sulfate.

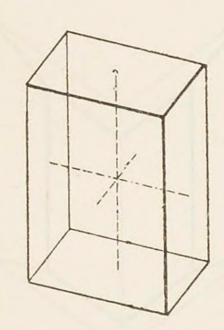
Von den zahlreichen wasserhaltigen Sulfaten mögen noch das natürliche **Glaubersalz** $Na_2SO_4 . 10H_2O$ genannt werden, das sich z. B. im Karabugasbusen des Kaspisees in großen Mengen neben Steinsalz ab-

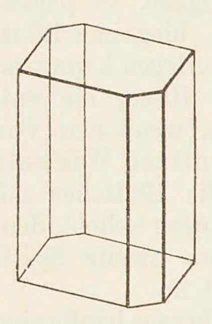
scheidet; der **Kieserit** $MgSO_4 . H_2O$ der Staßfurter Steinsalzlager; das ihm verwandte **Bittersalz** $MgSO_4 . 7H_2O$, das als Ausblühung des Bodens und im Wasser von Quellen (Hunyadi Janos) und Bitterseen auftritt; der natürliche **Eisenvitriol** $FeSO_4 . 7H_2O$, der **Kupfervitriol** $CuSO_4 . 5H_2O$ und die natürlichen **Alaune** (Tonerdesulfate).

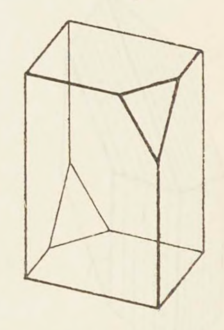

Abb. 173. Kristallform des **Kupfervitriols.**

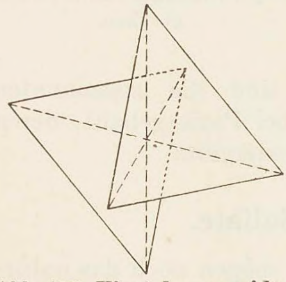
Wegen ihrer leichten Löslichkeit können sich diese Sulfate in der Natur nur unter besonders günstigen Umständen (heißes und trockenes Klima, Abschluß durch wasserundurchlässige Sedimente) erhalten. Um so geeigneter sind die künstlich hergestellten Salze zum Studium der Kristallisation aus Lösungen. Der käufliche Alaun bildet prächtige Oktaeder, das Bittersalz rhombische, der Eisenvitriol monokline, der Kupfervitriol **trikline,** völlig unsymmetrische Kristalle (Abb. 173).

Triklines System. Man überzeugt sich leicht an käuflichen Kristallen von Kupfervitriol (natürliche sind seltene Vorkommnisse),


Abb. 174. Die drei Pinakoide des **triklinen** Systems.


Abb. 175. Ein **halbes Prisma,** kombiniert mit Abb. 174.


Abb. 176. Eine **Viertelspyramide,** kombiniert mit Abb. 174.


Abb. 177. **Viertelspyramide,** das Verhältnis der Achsenschnitte bestimmend.

daß sie keinerlei Symmetrie besitzen. Man ist bei solchen Kristallen genötigt, irgend drei Paare sich schneidender Flächen als Pinakoide zu betrachten: die Richtungen ihrer Kanten sind dann die Achsenrichtungen, bestimmt durch lauter schiefe Winkel (Abb. 174). Flächenpaare, die zwei dieser Pinakoide schneiden, heißen Prismenflächen — es gibt nur noch **halbe Prismen und Domen** (Abb. 175). Flächenpaare, die

alle drei Pinakoide schneiden, heißen Pyramidenflächen — es gibt nur noch **Viertelspyramiden** (Abb. 176 und 177).

Verwandte Mineralien.

Die Elemente Chrom Cr (vgl. S. 70), Wolfram W, Molybdän Mo und Uran U bilden den schwefelsauren Salzen entsprechende Verbindungen, von denen das **Rotbleierz** $PbCrO_4$ mit seinen safranroten flächenreichen Kristallen, der in prächtigen, glänzend rotgelben oder wachsgelben quadratischen Tafeln kristallisierende **Wulfenit** $PbMoO_4$ (Tafel VII, Fig. 4), der schwarze **Wolframit** $FeWO_4$ als Begleitmineral des Zinnsteins und das schwarzbraune **Uranpecherz** von Joachimstal, das Rohmaterial für die Darstellung des Radiums, erwähnt sein mögen.

IV. Salze der Phosphorsäure (Phosphate) und verwandte Mineralien.

Unter den nichtmetallischen, säurebildenden Stoffen der Erdrinde ist der **Phosphor** einer der merkwürdigsten. Seine Entdeckung verdankt man dem Hamburger Alchemisten Brand, der ihn 1669 aus eingedampftem Harn gewann. Die merkwürdigen Eigenschaften des Körpers erregten das größte Aufsehen; eine der auffallendsten, das Leuchten im Dunkeln, hat ihm den Namen gegeben (griech. phōsphoros, Lichtträger).

1. Der Apatit $3\,Ca_3P_2O_8 \, . \, CaCl_2$ und $3\,Ca_3P_2O_8 \, . \, CaF_2$.

Da unsere ganze Nahrung in letzter Linie dem Pflanzenreich entstammt, so muß auch der in unserm Körper, besonders in den Knochen aufgespeicherte Phosphor von Pflanzen herrühren, die ihn aus dem Boden aufgenommen haben. Er gelangt in den Boden durch die Verwitterung der kristallinen Silikatgesteine, in denen er in der Form des **Apatits** als mikroskopischer Gemengteil stets vorhanden ist. Die Kriställchen sind winzige hexagonale Prismen, an ihren Enden von der Basis begrenzt. Länger bekannt sind die großen und schönfarbigen Kristalle von verschiedenen Fundorten; da sie früher mit andern Mineralien verwechselt wurden, hat das Mineral den Namen Apatit (Betrüger, vom griech. apatān, täuschen) erhalten. Auch die größeren Kristalle zeigen stets prismatische Form, gewöhnlich Säule mit Pyra-

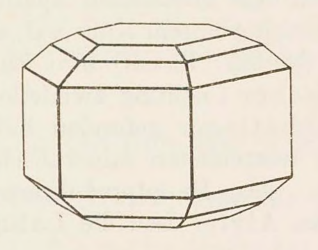


Abb. 178. Kristallform des **Apatits** (scheinbar vollflächig hexagonal).

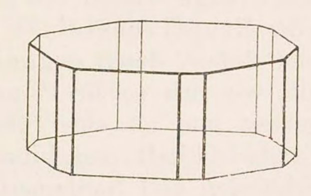


Abb. 179. Kristallform des **Apatits.** Hexag. Prisma 1. u. 2. Stellung und Basis.

miden und Basis (Abb. 178 und Tafel VII, Fig. 5); so die trüben, olivengrün und braunrot gefärbten Kristalle aus Norwegen (Arendal, Snarum) und Nordamerika (Carolina). Prächtig violette, tafelförmige Kristalle (Abb. 179) sind von den Zinnerzlagerstätten bekannt (Ehrenfriedersdorf). Weiße oder farblos durchsichtige, außerordentlich flächenreiche kommen aus Tirol, vom St. Gotthard, vom Vesuv. Sie sind dadurch bemerkenswert, daß sie unsymmetrisch sitzende Flächen aufweisen, die eine neue Hemiedrie des hexagonalen Systems bedingen. Man nennt sie die **pyramidale** Hemiedrie, weil die unsymmetrischen Flächen eine hexagonale Doppelpyramide oder ein hexagonales Prisma bilden, das durch den Ausfall der Hälfte der Flächen einer 12seitigen Doppelpyramide bzw. eines 12seitigen Prismas entsteht und gegen die Normalstellung verdreht ist (Abb. 180). Die Kristalle haben daher nur noch **eine**, die horizontale Symmetrieebene.

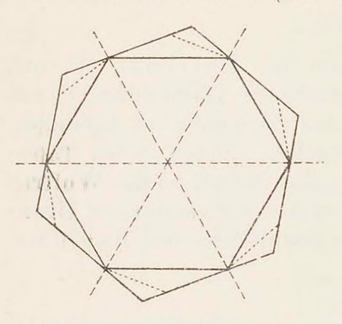


Abb. 180. **Pyramidale Hemiedrie** des hexagon. Systems. Grundriß eines Prismas 3. Stellung, das aus einem 12seitigen Prisma entsteht.

An den obengenannten Fundorten erscheint der Apatit als Kontaktmineral, als Kluftmineral oder als pneumatogene Bildung (vgl. S. 66); bemerkenswert ist in dieser Hinsicht der Chlor- und Fluorgehalt, der in allen Apatiten vorhanden ist und zur Aufstellung der Formeln $3\,Ca_3P_2O_8 \,.\, CaCl_2$ und $3\,Ca_3P_2O_8 \,.\, CaF_2$ geführt hat.

Phosphatlager. Neben dem kristallinen Apatit treten auch dichte und erdige Massen von phosphorsaurem Kalk auf, die der Auslaugung von Eruptivgesteinen (Diabas, Basalt) ihre Entstehung verdanken, und andere, deren organischer Ursprung zweifellos ist (Guano). Überall, wo sich solche Phosphatlager gefunden haben, werden sie abgebaut und als einer der wertvollsten mineralischen Düngerstoffe der Landwirtschaft zugeführt. Als Hauptproduktionsländer sind außer Schweden und Nordamerika Algier und die Lahngegend zu nennen.

2. Der Pyromorphit $3Pb_3P_2O_8 \,.\, PbCl_2$.

Unter den zahlreichen Bleiverbindungen ist der **Pyromorphit** durch seine Isomorphie mit dem Apatit ausgezeichnet. Auch er bildet hexagonale Prismen, meist dickbauchige Kristalle von lebhaftem Glanz und eigentümlich gelbgrüner oder violettbrauner Farbe (Grün- und Braunbleierz). Der Name Pyromorphit „im Feuer Gestalt annehmend" bezieht sich auf die Beobachtung, daß das unter der Lötrohrflamme geschmolzene Mineral in vielflächigen Formen erstarrt, die man früher für Kristalle hielt (Tafel VII, Fig. 6).

Verwandte Mineralien.

Ein nicht seltenes Mineral, besonders im Ton, in Torfmooren, auf fossilen Knochen auftretend, ist der **Vivianit**, eine phosphorsaure Eisenverbindung von grauer bis tiefblauer Farbe (Blaueisenerde). — Als wertvoller Halbedelstein ist der tonerde- und phosphorhaltige **Türkis** von hellblauer oder grünlicher Farbe zu nennen (Tafel VII, Fig. 7). — Endlich sei an die früher erwähnte **Kobalt-** und **Nickelblüte** erinnert. Hier entspricht das Arsen dem Phosphor (Tafel VII, Fig. 8).

V. Salze der Kieselsäure (Silikate).

1. Die **Silikate** bilden die weitaus artenreichste Mineralgruppe. Da die Erstarrungsrinde der Erde aus Silikatgesteinen besteht, Silikatschmelzflüsse durch alle geologischen Epochen hindurch im Innern der Erde und oberflächlich zu Gesteinen erstarrt sind und auch aus vielen Sedimentgesteinen unter bestimmten Verhältnissen wieder kristalline Silikatgesteine werden können, ist es an sich nicht merkwürdig, daß auch die Mannigfaltigkeit der Silikate eine erhebliche ist. Ein sehr wesentlicher Umstand tritt aber noch hinzu: die Fähigkeit des Siliciums, Säuren von verschiedener Zusammensetzung und damit auch Mineralien von höchst verwickeltem chemischem Bau zu bilden.

2. **Isomorphie.** Die chemische Untersuchung der Silikate hat ergeben, daß sich die darin enthaltenen Metalle in weitgehendstem Maße gegenseitig vertreten können, ohne daß sich der kristallographische und physikalische Charakter der Mineralien wesentlich ändert. So kommt es, daß bei den Silikaten isomorphe Gruppen besonders häufig sind, und daß mancher Mineralname eine ganze isomorphe Gruppe umfaßt.

a) Die Gruppe des Andalusits.

1. Der Andalusit Al_2SiO_5 und der Disthen Al_2SiO_5.

1. Der **Andalusit,** nach einem spanischen Fundort benannt, ist ein Silikat, das durch Kontaktwirkung von Granit auf Schiefer, oder bei der Umwandlung von Sedimenten in Gneise und Glimmerschiefer entsteht und auch auf den Quarzgängen angetroffen wird, welche diese Gesteine durchsetzen. Bekannt sind die von silberglänzendem Glimmer überzogenen, grauen rhombischen Säulen von der Lisenzalp in Tirol.

2. In Schiefern, die durch empordringende Granitmassen beeinflußt wurden, treten auch hohle gelbliche Kristalle auf, denen der Name **Chiastolith** beigelegt wurde, weil ihr Querschnitt einem griechischen *X* (chi) ähnlich ist. Einer der bekanntesten Fundorte von Chiastolith-

schiefer ist Gefrees im Fichtelgebirge. Sehr große Chiastolithe kommen aus Nordamerika (Tafel VIII, Fig. 2).

3. Während der Andalusit rhombisch kristallisiert, bildet der chemisch gleichartige **Disthen** trikline, also unsymmetrische, schiefe Prismen, oder strahlige und tafelförmig-blätterige Aggregate. Am prächtigsten sind jene durchscheinend hellblauen bis weißen, auch graublauen und grünlichen Säulen, die zusammen mit rotbraunem Staurolith in dem weichen silberweißen Glimmerschiefer von Faido (Tessin) eingebettet sind. Tafelige Disthene zeigen häufig einen Wechsel der Farbe von kornblumenblau bis hellgrau.

4. Merkwürdig groß ist der Unterschied der Härte, je nachdem das Mineral quer oder parallel zu der Prismenkante geritzt wird. Während das Messer parallel dem Prisma mit Leichtigkeit eindringt, ist die Härte quer dazu der des Quarzes gleich.

2. Der Staurolith.

1. In Gesellschaft des Disthens tritt ein rotbraunes, lange rhombische Säulen mit seitlicher Abstumpfung bildendes Mineral auf, der **Staurolith.** Seine Farbe scheint er dem Eisen zu verdanken, das neben Aluminium in geringer Menge in ihm enthalten ist.

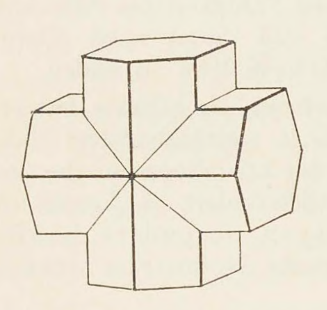


Abb. 181. Zwillingskristall von **Staurolith.**

2. An andern Orten findet man zwei Kristalle zu geraden oder schiefen kreuzförmigen Zwillingen verwachsen (Abbildung 181). Die Kristalle sind dann verhältnismäßig kurz und bei vorherrschender Entwicklung des Prismas breiter als die eben erwähnten. Sie haben den Anlaß zur Benennung des Minerals gegeben (Staurolith = Kreuzstein).

3. Der Topas $Al_2(F, OH)_2SiO_4$.

Vorkommen und Entstehung. 1. Als fluorhaltiges Mineral ist der Topas schon beim Zinnstein erwähnt worden; er ist eines der kennzeichnendsten Begleitmineralien der Zinnerzlagerstätten. Seine Entstehung ist auf die Einwirkung fluorhaltiger Gasausströmungen auf die Silikate des Nebengesteins zurückzuführen; insbesondere kommt es vor, daß Granit und Quarzporphyr ganz in Quarz-Topasfels umgewandelt wurden (Schneckenstein bei Auerbach in Sachsen).

2. Andere, auf ähnliche Entstehungsumstände hinweisende Fundstätten sind die sogen. Pegmatitgänge der granitischen Gesteine, d. h.

Gesteinsgänge, die mit großkristallinen Massen von Quarz, Feldspat, Glimmer und zahlreichen andern Mineralien erfüllt sind. Auch in den vulkanischen Gesteinen finden sich schöne Topase. Dazu kommen zahlreiche Seifenlagerstätten (Ceylon, Brasilien usw.).

Abb. 182. **Topas** von St. Louis Potosi, Mexiko.

Physikalische Eigenschaften. 1. Als glänzender Edelstein von gelber Farbe war der Topas schon im Altertum hoch geschätzt. Er wurde aber oft mit andern gelben Steinen verwechselt, während echte, aber andersfarbige Topase andere Namen erhielten.

2. Die gelbe Farbe kommt in allen Abstufungen von blaß weißgelb bis zu tiefhoniggelb vor (Tafel VIII, Fig. 3). Durch Glühen werden die tiefgelben Topase rosenrot, doch gibt es auch natürliche rosenrote Topase. Sehr häufig sind die Topase vollkommen farblos und wasserhell, seltener bläulich oder grün. Alle werden als Edelsteine verwendet. — In der Härteskala steht Topas an achter Stelle.

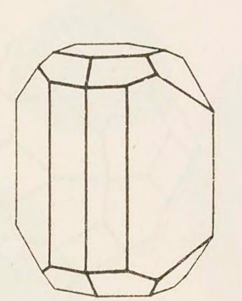


Abb. 183. Kristallform der **Topase** vom Schneckenstein.

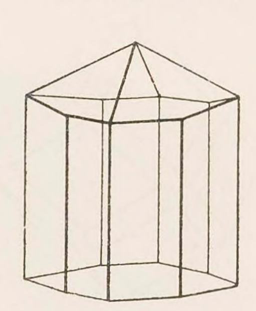


Abb. 184. Kristallform der brasilian. **Topase.** Unten Spaltfläche.

Kristallformen. Die Topase gehören zu den schönsten rhombischen Mineralien. Ihre Formenentwicklung ist sehr mannigfaltig, stets sind die Prismenflächen gut entwickelt, zu ihnen gesellen sich Pyramiden, Längs- und Querdomen und die Basis, nach welcher der Topas vollendete Spaltbarkeit besitzt. Die Abbildungen 182—184 geben eine Vorstellung von den gewöhnlichsten Kristalltypen.

b) Die Gruppe des Granats.

1. Der Granat.

A. Die Kristallformen der Granaten.

1. Die **Granaten** bilden eine der ausgezeichnetsten **isomorphen** Gruppen des Mineralreichs. Sie kristallisieren regulär, und zwar entweder als Rhombendodekaeder, oder als Ikositetraeder, und in Kombinationen beider Formen unter sich oder mit Acht-

undvierzigflächnern. Weil das Rhombendodekaeder für den Granat besonders kennzeichnend ist, hat man es auch Granatoeder genannt.

2. Das **Ikositetraeder** (Abb. 186) tritt als Kristallform an den früher beschriebenen Mineralien nicht für sich allein auf. Es ist die Form, die mit dem Würfel kombiniert am Flußspat die Ecken abstumpft und dort bereits abgebildet wurde. Um aus dem Würfel Ikositetraeder zu erhalten, markiert man auf den Flächen die zwölf Diagonalen und legt durch sie gleichgeneigte Schnitte, wie dies in Abbildung 185 angedeutet ist.

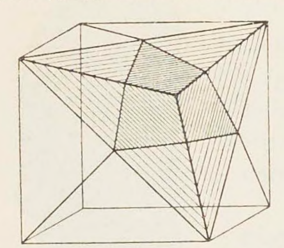


Abb. 185. **Ableitung des Ikositetraeders** aus dem Würfel.

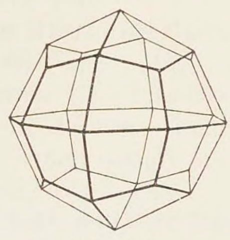
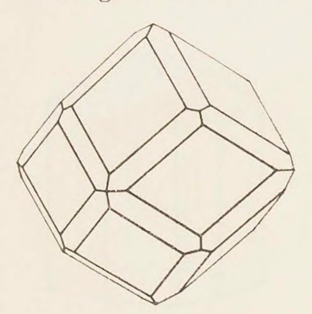


Abb. 186. **Das Ikositetraeder.**

3. Die Grenzflächen des Ikositetraeders sind einfach symmetrische Vierecke, die nach ihrer Ähnlichkeit mit einem Delta Deltoide genannt werden. Ihre Form ändert sich natürlich mit der Neigung der Schnitte. Die längeren Kanten stoßen über den Würfelflächen zu sechs vierkantigen, die kürzeren über den Oktaederflächen zu acht dreikantigen Ecken zusammen; außerdem entstehen über den Rhombendodekaederflächen zwölf vierkantige Ecken mit je zwei langen und kurzen Kanten.



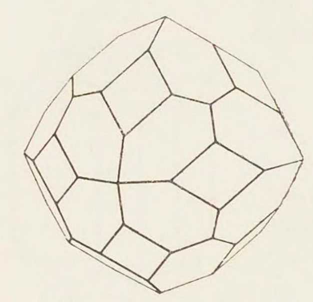
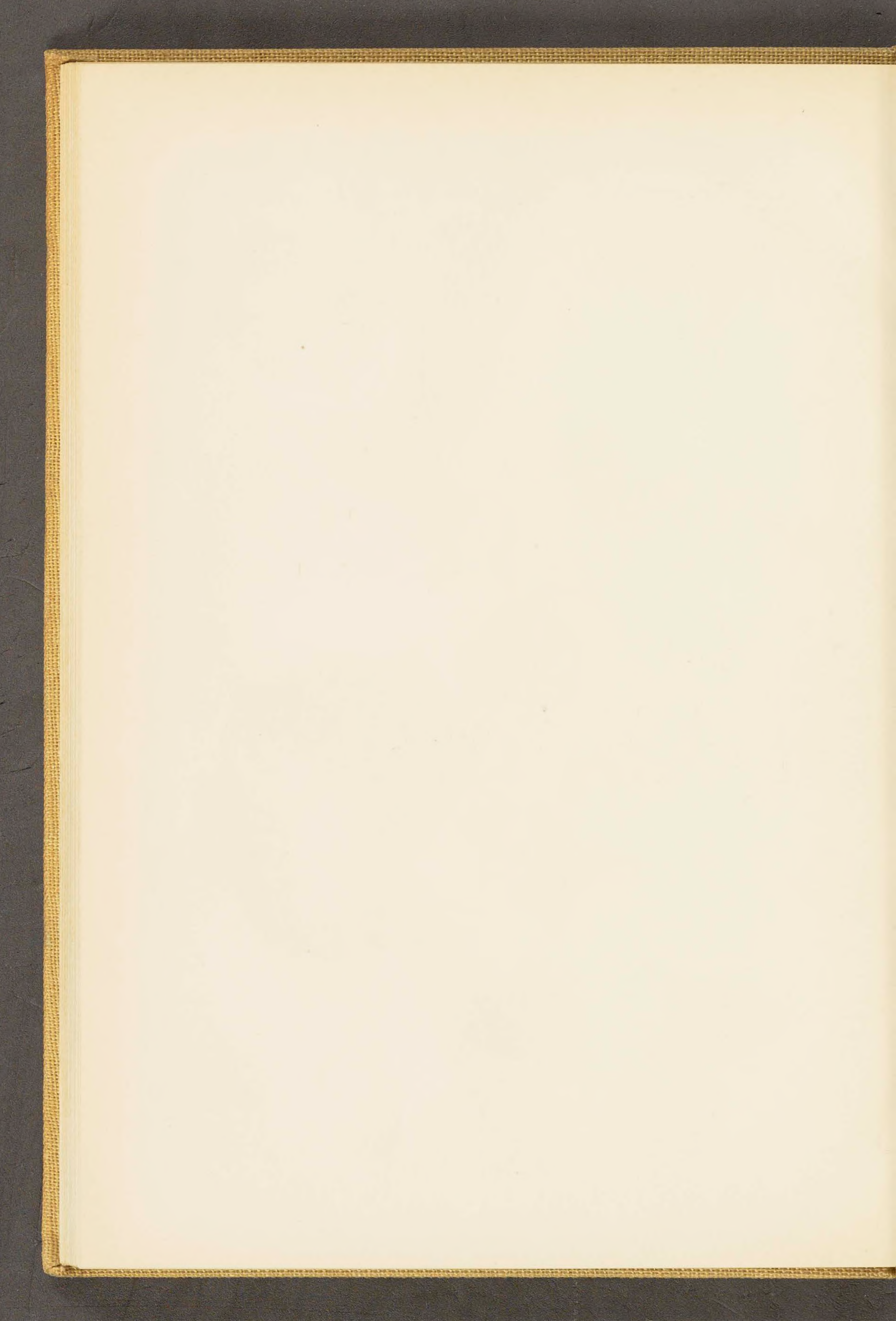


Abb. 187, 188. **Kristallformen des Granats.** Rhombendodekaeder und Ikositetraeder in Kombination.

Tafel VIII. Silikate I.

1. **Disthen** (Cyanit) und **Staurolith** im Glimmerschiefer von Faido (Tessin).
2. **Chiastolith** von Lancaster, Mass., quer durchschnitten.
3. **Topas,** honiggelb, von Minas Geraes (Brasilien).
4. **Gemeiner Granat** vom Oetztal.
   Rhombendodekaeder im Glimmerschiefer.
5. **Granat** (Grossular) von Vaskö (Banat).
6. **Epidot** von der Knappenwand, Sulzbachtal.
7. **Turmalin** von Brasilien, quer durchschnitten, rundlich dreieckig.
   Außen grün, durch eine fast farblose Zone Übergang nach violett.
8. **Rubellit** (Turmalin) von San Diego (Kalifornien), in Lithiumglimmer.
9. **Smaragd** von Takowaja (Sibirien); auf Quarz.


1
2
3
4
5
6
7
8
9



4. Von den vielen möglichen Ikositetraedern tritt nur ein einziges am Granat (und andern Mineralien) selbständig auf: dasjenige, dessen Flächen den Rhombendodekaederkanten parallel laufen, das also die Rhombendodekaederkanten in Kombination parallel abstumpft (Abb. 187 und 188). Es entsteht, wenn die Schnitte von den Würfeldiagonalen aus durch die Mitten der Würfelkanten gelegt werden, wie dies in Abbildung 185 geschehen ist.

B. Natürliches Vorkommen der Granaten.

1. Hat man sich die Formen der Granaten gemerkt, so wird man sie kaum mit andern Mineralien verwechseln können. Beachtet man noch Härte (7—8), Farben und natürliches Vorkommen, so ist ein Zweifel ganz ausgeschlossen.

2. Die Granaten besitzen sowohl als Gemengteile von kristallinen Schiefern und Eruptivgesteinen, als auch als Kontaktmineralien eine außerordentliche Verbreitung. Dabei zeigt sich, daß in den kristallinen Schiefern im allgemeinen das Rhombendodekaeder, bei den Kontaktgranaten das Ikositetraeder vorherrscht.

3. Als Gesteinsgemengteile treten rote Granaten bald vereinzelt, bald massenhaft in Gneisen (Granatgneise des Kinzigtals), Glimmerschiefern (Ötztaler Alpen, Norwegen, Canada usw.) und Granuliten (Sachsen) auf. Sie bilden mit grasgrünem Augit gemengt ein prachtvolles Gestein, den Eklogit (vom griech. eklogé, Auslese), das im Fichtelgebirge und in den Alpen vorkommt, und finden sich ebenso im Serpentin. Bei der Verwitterung dieser Gesteine gelangen sie leicht in die Flußsande und werden, wenn sie Durchsichtigkeit mit tief roter Farbe verbinden, als **edle Granaten** zu Schmucksachen verarbeitet (Granatindustrie von Turnau in Böhmen).

4. Zu den metamorphen Bildungen gehört auch der Granatfels. Seine Entstehung aus kalkig-tonigen Sedimenten ist leicht zu verstehen, wenn man auf die chemische Zusammensetzung der Granaten achtet.

5. Auch im Granit, besonders aber in granitischen Ganggesteinen sind Granaten häufig (Ikosaeder). — Besonders merkwürdig sind die schwarzen Granaten in jungen Eruptivgesteinen.

C. Zusammenhang zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Granaten.

1. Am Aufbau der Granaten beteiligen sich eine ganze Anzahl von Metallen, und zwar so, daß die reinen Arten je zwei verschiedene Metalloxyde enthalten, in den **gemeinen Granaten** aber isomorphe Mischungen der reinen Arten vorliegen. Da solche isomorphe Mischungen, wie bereits bemerkt, bei den Silikaten die Regel sind, und die strenge Unterscheidung der Arten und Varietäten wesentlich auf

den Ergebnissen der chemischen Analyse beruht, mögen — als ein verhältnismäßig einfaches Beispiel — die wichtigsten reinen Arten, die man gefunden hat, angeführt werden.

a) Reihe der kalkhaltigen Granaten:

der Kalktongranat $3CaO.Al_2O_3.3SiO_2$,
der Kalkeisengranat $3CaO.Fe_2O_3.3SiO_2$,
der Kalkchromgranat $3CaO.Cr_2O_3.3SiO_2$,

b) Reihe der kalkfreien, tonhaltigen Granaten:

der Magnesiatongranat $3MgO.Al_2O_3.3SiO_2$,
der Eisentongranat $3FeO.Al_2O_3.3SiO_2$,
der Mangantongranat $3MnO.Al_2O_3.3SiO_2$.

2. Ihnen entsprechen im wesentlichen die nachfolgend nach Färbung und Art des Vorkommens gekennzeichneten mineralogischen Abarten:

a) Zum Kalktongranat gehört der weiße Granat aus dem Marmor von Auerbach a. B. (Kontaktmineral), der hyazinthrote **Hessonit** (mit Diopsid, vom Alatal in Piemont; vgl. S. 120) und der schön stachelbeergrüne **Grossular** (Kontaktmineral; vgl. Tafel VIII, Fig. 5).

b) Zum Kalkeisengranat gehören die gelben Dodekaeder des Topazoliths (Alatal, Zermatt) und der schön grüne Demantoid aus uralischem Serpentin, die trübgrünen und braunen Kontaktgranaten aus den Magneteisenlagern des Banats (Ikositetraeder) und die schwarzen, titansäurereichen **Melanite** von Frascati bei Rom und vom Kaiserstuhl (Dodekaeder vorherrschend).

c) Der Kalkchromgranat oder Uwarowit bildet prachtvoll smaragdgrüne Dodekaeder auf Chromeisensteinlagern. Er ist ein seltener und sehr wertvoller Edelstein.

d) Wesentlich Magnesiatongranat sind die als **Pyrop** bezeichneten, tiefroten böhmischen Granaten (aus Serpentin), die ähnlich auch im Muttergestein der Kapdiamanten gefunden werden (Kaprubine).

e) Die tiefroten, durchsichtigen Eisentongranaten sind ebenfalls geschätzte Edelsteine (**Almandin**, Karfunkel). Ihre größte Verbreitung haben sie jedoch als Gemengteile der kristallinen Schiefer, in denen sie zu Millionen in scharf ausgebildeten Kristallen oder unregelmäßigen Körnern stecken (vgl. Tafel VIII, Fig. 4) und meistens trüb schmutzigrot oder braunrot gefärbt sind. Besonders schön sind die großen und flächenreichen Kristalle von Fort Wrangel (Alaska).

2. Der Vesuvian.

1. Der **Vesuvian** ist ein überaus häufiger Begleiter der Kontaktgranaten und auch in den Farben (grün bis braun) diesen ähnlich. Seinen Namen verdankt er einer der bekanntesten Fundstellen, den Kalksilikatblöcken des Vesuv

(Monte Somma). Aber auch Auerbach, Monzoni, Arendal, Zermatt, Dognaczka und andere Kontaktlagerstätten beherbergen das Mineral. — Chemisch ist der Vesuvian ein fluorhaltiges Kalktonerdesilikat. Auch Borsäure und Titansäure können in ihm enthalten sein.

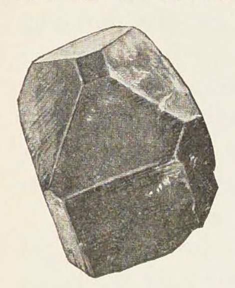


Abb. 189. **Vesuvian** von Monte Somma.

2. Seine Kristalle gehören dem quadratischen System an und sind durch ihren Flächenreichtum und ihre schöne Ausbildung berühmt. Am häufigsten sind dick säulenförmige Kristalle mit Grundpyramide und Basis und untergeordnetem Prisma zweiter Stellung (Abb. 189, 190).

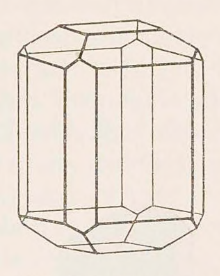


Abb. 190. **Kristallform** des Vesuvians.

3. Der Epidot.

1. Den olivengrünen bis gelbgrünen **Epidot** findet man weit verbreitet auf Klüften von kalk- und eisenreichen Silikatgesteinen, besonders in kristallinen Schiefern (Epidotschiefern), aber auch in Graniten, Dioriten, auf Magneteisenlagern usw. Er ist hier ein Zersetzungsprodukt des Granats, der Hornblende und anderer Mineralien, bildet darum häufig Überzüge und Adern im Gestein.

2. Die schönsten Kristalle, tief olivengrüne, lebhaft glasglänzende, gestreifte Prismen von unregelmäßigem Querschnitt stammen von der Knappenwand bei Untersulzbach im Pinzgau (Tafel VIII, Fig. 6). Sie treten dort mit Chlorit, Adular und Apatit zusammen auf. Die monoklinen Kristalle sind dadurch merkwürdig, daß die scheinbaren Prismen quer gestellt werden müssen, da sie aus der Kombination von zahlreichen, der Querachse parallellaufenden Flächen hervorgehen (Abb. 191). Sonst sind strahligbüschelige Aggregate oder stengelige und derbe Massen von gelbgrüner (pistaziengrüner) bis schwärzlichgrüner Farbe sehr verbreitet.

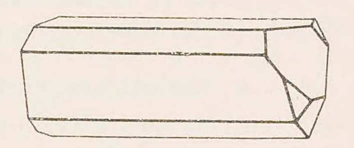


Abb. 191. Kristallform des **Epidots.**

3. Dem gewöhnlichen Epidot schließt sich durch seine chemische Zusammensetzung ein aschgraues, stengeliges Mineral an, der im Eklogit häufig auftretende **Zoisit.** Tritt Mangan an Stelle des Eisens, so entsteht der schwarzrote Manganepidot oder Piemontit.

4. Der Turmalin.

A. Die Kristallform des Turmalins.

1. Unter dem Namen **Turmalin** wird eine ganze Reihe von Mineralien zusammengefaßt, die wie die Granaten mit wesentlich gleichen

Kristallformen eine überaus wechselnde, aber als Mischung isomorpher Verbindungen zu deutende chemische Zusammensetzung vereinigen. Auch der Wechsel der Farben erinnert an den Granat und ist wie dort von der chemischen Zusammensetzung abhängig.

2. Der Turmalin ist an seiner eigentümlichen Kristallform leicht zu erkennen. Die Kristalle sind ausgezeichnet prismatisch entwickelt (Abb. 192). Der Prismenquerschnitt bildet gewöhnlich ein symmetrisches Neuneck (Abb. 193), welches dadurch zustande kommt, daß ein regelmäßig dreiseitiges Prisma an den Kanten durch die Flächen eines sechsseitigen Prismas abgestumpft wird. Man erkennt im nebenstehenden Kopfbild, daß das obere Ende von Rhomboederflächen gebildet ist. Merkwürdigerweise pflegen am entgegengesetzten Ende andere Rhomboeder aufzutreten; derartige Kristalle heißen **hemimorph.** — Sind die Kristalle weniger gut entwickelt, so zeigen sie rundlich dreieckigen Querschnitt und bilden stengelige Einzelkristalle oder Aggregate von solchen (Tafel VIII, Fig. 7. 8).



Abb. 192. **Gemeiner Turmalin** (Schörl).

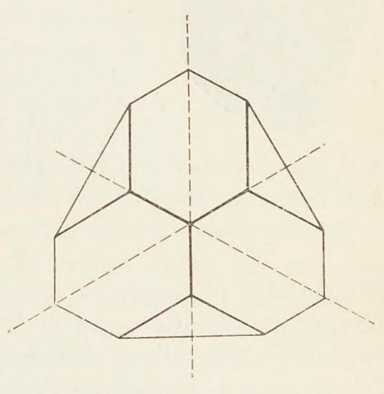


Abb. 193. **Turmalinkristall** im Grundriß (Kopfbild).

B. Natürliches Vorkommen und Arten des Turmalins.

1. Als normaler Gesteinsgemengteil besitzt der Turmalin nicht die Verbreitung des Granats, insbesondere tritt er seltener in kristallinen Schiefern auf. Aber als gelegentlicher Bestandteil sowohl der massigen als der gangförmigen Granite, zumal der Pegmatitgänge, in den Kontaktzonen der Eruptivgesteine und als pneumatolytisches Mineral (auf Zinnerzlagerstätten) ist er überaus häufig. In den Graniten und Schiefern treten die Kristalle bald einzeln, bald zu strahligen Aggregaten vereinigt auf (Turmalinsonnen), in den Pegmatiten wachsen sie vielfach in die Klüfte hinein. Sehr häufig verschwindet beim Auftreten von Turmalin der Glimmer (Biotit) und der Feldspat des normalen Granits, so daß Gemenge von Quarz und schwarzem Turmalin übrig bleiben.

2. Als besonders kennzeichnend für den Turmalin ist sein hoher Gehalt an Borsäure zu erwähnen. Neben der Tonerde und Kieselsäure kommen in stark wechselnden Verhältnissen Eisen, Magnesium, Alkalimetalle in den Turmalinen vor, so daß man danach drei Hauptvarietäten unterschieden hat.

2. Als gemeinen Turmalin oder **Schörl** bezeichnet man die schwarzen, eisenreichen Abarten, die besonders häufig in den Graniten auftreten. Schön braune, magnesiareiche Turmaline kommen aus dem Glimmerschiefer von Unterdrauburg in Kärnten; sie wurden nach dem Fundort Dravit genannt. Rosenrote Turmaline, eingebettet in ein feinkörniges weißviolettes Glimmergestein, heißen Rubellit; sie sind wie das Muttergestein reich an Lithium, einem dem Kalium nahestehenden seltenen Leichtmetall (Tafel VIII, Fig. 8).

3. Als **edle Turmaline** werden die durchsichtigen und lebhaft gefärbten von den trüben und undurchsichtigen unterschieden. Besonders geschätzt sind die schön rosenroten, die grünen (brasilianische Smaragde, vielfach chromhaltig) und die seltenen blauen Turmaline (Indigolithe). Auch vollkommen farblose Kristalle kommen vor (Elba).

4. Eine besondere Eigentümlichkeit der Turmaline ist der Wechsel der Färbung an demselben Kristall. Er kann einzelne Abschnitte der Prismen treffen, so daß z. B. das obere Ende schwarz, die Mitte grün, das untere Ende wasserhell ist, oder die hellfarbigen und durchsichtigen Prismen am freien Ende wie in Tinte getaucht erscheinen (Mohrenköpfe aus Pegmatit von Elba); er kann aber auch von außen nach innen gehen, so daß z. B. ein violetter Kern von grüner Rinde umschlossen scheint (Tafel VIII, Fig. 7).

C. Der Dichroismus des Turmalins und anderer farbiger Mineralien.

1. Schleift man aus einem farbig-durchsichtigen Turmalinkristall zwei gleichdünne Plättchen, das eine quer zum Prisma, das andere parallel dazu, so zeigt das erste tiefdunkle Farbe, das andere ist ziemlich hell (grünlich oder bräunlich). Diese Eigenschaft des Turmalins, in verschiedenen Richtungen verschiedene Farben zu zeigen, heißt **Dichroismus**, d. h. Doppelfarbigkeit. Sie ist eine bei farbigen Mineralien aller Kristallsysteme — mit Ausnahme des regulären — weit verbreitete Eigentümlichkeit und erklärt sich daraus, daß von dem durch den Kristall gehenden Licht in verschiedenen Richtungen verschiedene Bestandteile durchgelassen oder zurückgehalten werden.

2. Der Zusammenhang dieser Erscheinung mit der Kristallisation wird noch deutlicher, wenn beachtet wird, daß bei Mineralien des quadratischen und hexagonalen Systems höchstens zwei, bei denen des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems aber drei verschiedene Farben auftreten können. Andere Beispiele von mehrfarbigen Mineralien sind Staurolith, Epidot, Beryll, Hornblende, Augit, Biotit, Pennin.

5. Smaragd und Beryll $Be_3Al_2Si_6O_{18}$.

1. Als der kostbarste grüne Edelstein gilt seit den ältesten Zeiten der **Smaragd.** Er wurde schon von den alten Ägyptern in den

Smaragdgruben von Kosseir am roten Meer gewonnen. Im 16. Jahrhundert erhielten die Spanier Kenntnis von den Smaragdgruben Columbiens, wo die Steine in einem bituminösen Kalkstein auftreten. Im Jahre 1830 wurden die sibirischen Smaragde im Glimmerschiefer von Takowaja entdeckt. Auch die Glimmerschiefer des Habachtals (Salzburg) führen Smaragde.



Abb. 194. **Aquamarin.**

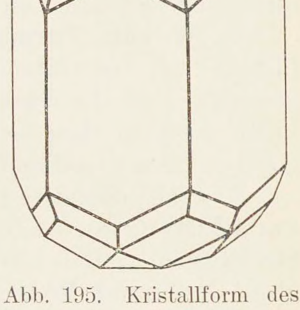


Abb. 195. Kristallform des **Smaragds.** Zunächst den Prismenflächen eine zwölfseitige Doppelpyramide.

2. Der Smaragd ist nur eine durch Chrom gefärbte Abart des **Berylls** und steht zu diesem in demselben Verhältnis, wie der edle zum gemeinen Turmalin. Blaßblau oder meergrün durchsichtige Berylle heißen **Aquamarin.** Gemeine Berylle sind gelblich bis bläulichgrün und kommen in Pegmatitgängen mit Quarz bisweilen in riesigen Kristallen vor (New Hampshire).

3. Der Beryll ist das einzige hexagonal vollflächig kristallisierende Mineral. Die gemeinen Berylle zeigen dicksäulige, plumpe Formen (Prisma und Basis), die Aquamarine und Smaragde schlankere Prismen mit zahlreichen Pyramidenflächen und der Basis (Abb. 195).

4. Chemisch betrachtet ist der Beryll ein Silikat, das neben Aluminium das ihm ähnliche, seltene Metall Beryllium (Be) enthält, wie die Formel angibt.

c) Der Olivin und die Augit-Hornblendegruppe.

1. Der Olivin $(MgFe)_2SiO_4$.

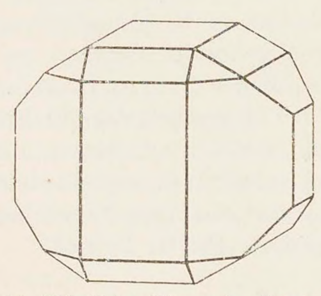


Abb. 196. Kristallform des **Olivins.** Kombination von Prisma, Längs- und Querdomen mit den drei Pinakoiden und einer Pyramide.

1. Der **Olivin,** nach seiner olivengrünen Farbe benannt, ist ein überaus weit verbreiteter Gesteinsgemengteil. Insbesondere stecken seine glasglänzenden, grünlichen Kristalle und Körner oft in ungeheuren Mengen in den Basalten und verursachen bei der atmosphärischen Verwitterung infolge ihres hohen Eisengehalts die rostgelben Flecken des Gesteins. Aber auch in älteren vulkanischen Gesteinen (Melaphyr, Diabas) und im Gabbro, einem aus Diallag und Labrador zusammen-

gesetzten, granitähnlichen Gestein, tritt er auf, ja er kann direkt gesteinsbildend werden. Besonders bemerkenswert ist, daß der Olivin einen gewöhnlichen Bestandteil der Meteorsteine bildet.

2. Die Olivinkristalle sind rhombisch und meist dick tafelförmig, bisweilen sehr flächenreich. Klare gelbliche, auf Edelsteinseifen vorkommende Olivine werden als Chrysolith (Goldstein) zu Schmuckzwecken verschliffen. Aus der Verwitterung nickelhaltiger Olivingesteine in Neukaledonien geht der apfelgrüne Garnierit hervor, der heute eines der wichtigsten Nickelerze ist.

2. Die Augite und Hornblenden.

A. Die kristallographische und chemische Verwandtschaft der Augite und Hornblenden.

1. Die **Augite** und **Hornblenden** bilden zwei einander parallellaufende Reihen von Silikaten, die je nach der chemischen Zusammensetzung rhombisch, monoklin oder triklin kristallisieren. Bei allem Wechsel der Kristallformen bleibt aber die Spaltbarkeit nach dem Prisma stets dieselbe und für die Glieder der zwei Reihen kennzeichnende: Die Augite besitzen eine nahezu rechtwinklige, die Hornblenden dagegen eine annähernd dem regelmäßigen Sechseck entsprechende **Spaltbarkeit** (87° bzw. 124°).

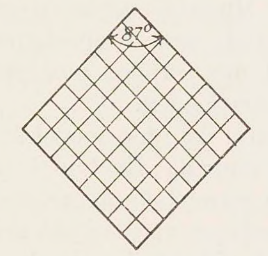


Abb. 197. Spaltbarkeit der **Augite**.

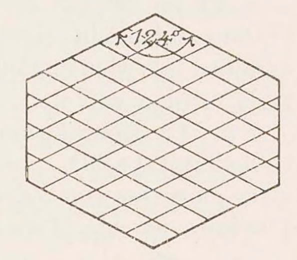


Abb. 198. Spaltbarkeit der **Hornblenden**.

2. An dem chemischen Aufbau der Augite und Hornblenden beteiligen sich in erster Linie die nach Art der Karbonate $CaCO_3$ usw. zusammengesetzten Silikate des Calciums, Magnesiums und Eisens (bzw. Mangans) in verschiedenen Mischungsverhältnissen. Dazu gesellen sich aber gerade bei den wichtigsten Gliedern als wesentliche Bestandteile noch Tonerde und Alkalien.

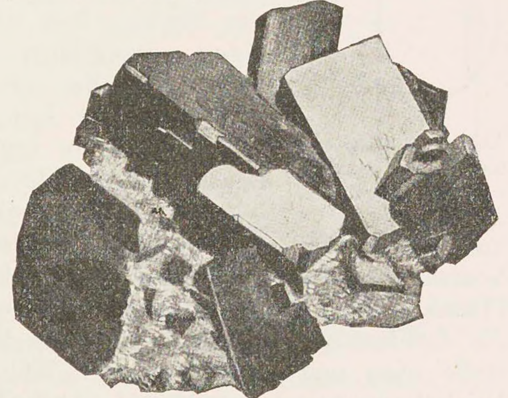


Abb. 199. Kristallgruppe von **tiefgrünem Augit** von Nordmarken (Schweden).

3. Die Augite haben ihre größte Verbreitung in den vulkanischen Gesteinen, die Hornblenden in den Tiefengesteinen und kristallinen Schiefern. Da man früher glaubte, daß die Augite nur in vulkanischen Gesteinen auftreten, nannte man sie auch Pyroxene, d. h. dem Feuer befreundet. Für die Hornblenden ist noch der Name Amphibole im Gebrauch.

B. Die wichtigsten Augite.

1. In den als Gabbro bezeichneten und verwandten Tiefengesteinen sind Augite verschiedener Art als wesentliche Gemengteile in körniger oder blätteriger Ausbildung verbreitet: der seidenartig metallisch glänzende, braune Bronzit (rhombisch), der schwarzgrüne Hypersthen (rhombisch) und der grau- bis braungrüne, körnige **Diallag** (monoklin). Diese Augite sind ganz oder nahezu frei von Tonerde. Bronzit und Hypersthen sind Mischungen der Silikate $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$, und zwar herrscht im Bronzit das Magnesium, im Hypersthen das Eisen vor, der Diallag entspricht chemisch dem Diopsid, ist aber nach seinem Vorkommen als Gemengteil des Gabbro und durch sein auffallend blätteriges Gefüge von ihm verschieden.

2. Als Kontaktmineral ist der monokline **Wollastonit**, das reine Kalksilikat $CaSiO_3$, zu nennen. Er bildet weiße bis rötliche, seidenglänzende, faserige oder stengelige Aggregate. Einer der bekanntesten Fundorte ist das Marmorlager von Auerbach an der Bergstraße.

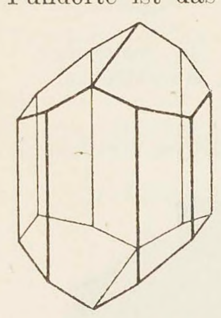


Abb. 200. Kristallform des **basaltischen Augits.**

3. Ebenfalls als Kontaktmineral in körnigem Kalk und auf Magneteisenlagern, sowie als Kluftmineral und als Gemengteil kristalliner Schiefer tritt der licht- bis dunkelgrüne, durchsichtige, flächenreiche, monokline Kristalle bildende **Diopsid** $(CaMg)SiO_3$ auf, den man als edlen Augit bezeichnen könnte. Ihm schließen sich die tonerdehaltigen, graugrünen bis schwarzgrünen **gemeinen Augite** an, die auch als Gemengteile älterer und jüngerer Eruptivgesteine weit verbreitet sind. Besonders erwähnenswert sind die schönen lauchgrünen Augite vom Fassatal.

4. Allgemein bekannt sind die in den Basalten und Basalttuffen auftretenden schwarzen **basaltischen Augite.** Sie besitzen außerordentlich charakteristische, scharfe Kristallformen: das Prisma mit Längs- und Querfläche gibt einen achtseitigen Querschnitt, die dachförmig erscheinende positive Halbpyramide begrenzt die Kristalle oben und unten. (In Abb. 200 und Tafel IX, Fig. 1 ist der Kristall von hinten gezeichnet.) Auch Zwillinge sind häufig und an den einspringenden Winkeln sofort zu erkennen.

C. Die wichtigsten Hornblenden.

1. Tonerdefrei kommt die Hornblende in langen, strahlig-stengeligen, weißen, seidenglänzenden Kristallen als Kontaktmineral in körnigem Kalk und Dolomit vor. Sie wird nach dem Val Tremola am St. Gotthard, von wo sie zuerst beschrieben wurde, **Tremolit** genannt. Eisenhaltiger Tremolit hat hell- bis tiefgrüne Farbe und ist in den Talk- und Chloritschiefern der Alpen ein weit verbreiteter Gemengteil, der den besonderen Namen **Strahlstein** oder Aktinolith erhalten hat. Sehr schön findet man ihn im Zillertal.

2. Sind die Stengel in lange, feine und biegsame Fasern aufgelöst, so bilden sie den technisch wichtigen (Hornblende-)**Asbest**, der zu feuerfester Asbestpappe, zu Gasrohrdichtungen usw. verarbeitet wird.

Ein schwarzblauer, außerordentlich eisenreicher, feinfaseriger und seidenglänzender Hornblendeasbest, der in den Asbestos-Mountains in Griqualand (Südafrika) plattige Massen bildet, ist das Ausgangsmaterial des als Schmuckstein beliebten **Tigerauges**. Die braune Farbe des Tigerauges beruht auf der Bildung von Eisenhydroxyd.

3. Ist die Faserung mikroskopisch fein, so entsteht der äußerst zähe, grünlichweiße bis lauchgrüne **Nephrit**, jenes berühmte Gestein, aus dem, wie aus den Feuersteinen, in der vorgeschichtlichen Zeit Waffen, insbesondere geschliffene Steinbeile hergestellt wurden. Anstehend kennt man den Nephrit aus dem Kuenlüngebirge und aus Neuseeland; in Europa entdeckte man ihn 1884 im Serpentin von Jordansmühl (Schlesien). Es müssen aber auch die Alpen früher Nephrit geliefert haben, da in deren Gebiet Nephritbeile besonders häufig sind. Dem Nephrit sehr ähnlich, aber chemisch ein Natron-Tonerdesilikat der Augitgruppe, ist der Jadeït (Turkestan, Birma); er wird in China zu kostbaren kleinen Bildwerken verarbeitet.

4. Die tonerdehaltige **gemeine Hornblende** ist ein Hauptgemengteil der Diorite und Syenite und bildet die Hauptmasse des Hornblendeschiefers. Sie bildet schwarzgrüne bis schwarze, rissige Körner und Prismen, auf Klüften auch frei ausgehende, flächenreichere Kristalle.

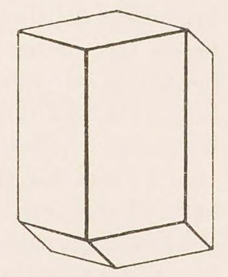


Abb. 201. Kristallform der **basaltischen Hornblende.**

5. Die **basaltische Hornblende** bildet Prismen von sechsseitigem Querschnitt durch Kombination des monoklinen Prismas mit der Längsfläche; die schiefe Basis und eine Halbpyramide begrenzen die Prismen an beiden Enden, so daß die Kristalle fast wie hexagonale Prismen mit stumpfen Rhomboedern aussehen (Abb. 201). Die den Basalttuffen Böhmens entstammenden Kristalle sind braunschwarz, auf frischen Spaltflächen schwarz und glasglänzend. Auch bei der basaltischen Hornblende sind Zwillinge häufig.

d) Die Gruppe des Chlorits und Serpentins.

Die hierher gehörigen Mineralien sind stets sekundäre Bildungen und gehen hauptsächlich aus der Umwandlung der vorher genannten Silikate hervor.

1. Der Chlorit.

1. Unter dem Namen **Chlorit** (von griech. chlorós, grün) werden zahlreiche wasserhaltige Magnesia-Tonerdesilikate von dunkelgrüner Farbe zusammengefaßt, die monoklin kristallisieren.

2. Der Chlorit tritt im Chloritschiefer als ein feinschuppiges, schwärzlich- bis graugrünes Mineral auf (Tafel IX, Fig. 2). Nicht selten finden sich auch größere tafelige, prachtvoll blaugrün gefärbte Kristalle (Tafel IX, Fig. 3), die sich wie Glimmer in dünnste Blättchen teilen lassen, oder schwarzgrüne, krummschalige, perlmutterglänzende Aggregate. Häufig bildet er staubartige Überzüge auf Bergkristall, Adular und andern Mineralien (Tafel IX, Fig. 5).

3. Chlorit kommt niemals als ursprüngliches Mineral vor. Er ist stets ein Gemengteil kristalliner Schiefer und durch Wirkung des Gebirgsdrucks unter Wasseraufnahme aus Augiten und Hornblenden, aber auch aus Granat und Magnesiaglimmer entstanden. Das Eisen scheidet sich dabei gern in Form von Magneteisen aus (Tafel IX, Fig. 2).

2. Der Serpentin.

Entstehung. 1. Auch der **Serpentin** ist stets ein sekundäres Mineral, ein wasserhaltiges, aber tonerdefreies Magnesiasilikat. Er entsteht in erster Linie aus dem **Olivin.** Man kann an Olivinkristallen deutlich beobachten, wie die Umwandlung von den Spaltrissen aus immer weiter fortschreitet, bis ein ganzes Maschenwerk von Serpentin entsteht, wobei zugleich das im Olivin enthaltene Eisen als Magneteisen ausgeschieden wird. So erklärt sich die Häufigkeit der Eisenerze im Serpentin.

2. Wie der Olivin, so können sich auch andere magnesiareiche Silikate, besonders Augit und Hornblende, in Serpentin umwandeln. Solcher Serpentin bildet in den Alpen, im Ural, in Schlesien mächtige Gebirgsstöcke.

Arten des Serpentins. Die schwarzgrünen, buntgefleckten gemeinen Serpentine haben dem Mineral den Namen verschafft (von serpens, Schlange, wegen der Ähnlichkeit mit einer gefleckten Schlangenhaut). Der **edle Serpentin** ist meist eigentümlich gelbgrün (ölgrün) und eignet sich bei gleichmäßigem Korn zu Skulpturen. Er bildet nicht selten Einlagerungen im körnigen Kalk. Der **Faserserpentin** oder

Chrysotil (Tafel IX, Fig. 4) bildet Bänder und Schnüre von goldgrüner Farbe und prächtigem Seidenglanz im gewöhnlichen Serpentin. Er liefert den zu technischen Zwecken vorzüglichen Serpentinasbest. Kanada ist das wichtigste Produktionsland, der Wert der jährlichen Produktion wird auf 6 Millionen Mark geschätzt.

Der **Meerschaum.** Aus Serpentin ist auch der Meerschaum hervorgegangen. Er wird bei Eski Schehr in der Nähe von Brussa in derben knolligen Massen, bei Hrubschitz in Mähren im Serpentin selbst mit Opal zusammen gefunden. Infolge seiner hohen Porosität schwimmt er auf dem Wasser (Name!). Seine Verwendung zu Rauchgeräten ist bekannt.

3. Der Talk $H_2Mg_3Si_4O_{12}$.

1. Ein anderes aus Magnesiasilikaten hervorgehendes metamorphes Mineral ist der **Talk**, bekannt als das erste Glied der Härteskala. Im Talkschiefer tritt er wie der Chlorit bald in Form feinschuppiger bis dichter, weiß, grau, gelblich gefärbter weicher Massen, bald in krummschalig blätterigen, silberschimmernden, blaß bläulichgrün durchscheinenden Aggregaten auf (Tafel IX, Fig. 2).

2. Der dichte, gelblichweiße Talk von Göpfersgrün im Fichtelgebirge wird als **Speckstein** bezeichnet. Er muß unter Mitwirkung heißer, magnesiahaltiger Quellen aus körnigem Kalk und Dolomit hervorgegangen sein. Zahlreiche Pseudomorphosen von Speckstein nach Dolomit, Kalkspat, Quarz legen Zeugnis ab von diesen Vorgängen. Seine technische Verwendung insbesondere für Gasbrenner (Schnittbrenner), als Schmiermittel, als Schneiderkreide usw. ist bekannt.

e) Die Gruppe der Glimmer.

Monokline, fast stets dünn tafelförmige, durch ihre außerordentlich vollkommene Spaltbarkeit und die Elastizität der Spaltblättchen ausgezeichnete Silikate.

1. Der Biotit.

1. Mit dem Namen **Biotit** (nach dem Physiker Biot) werden die dunkeln, schwarzbraunen bis tiefschwarzen Glimmer bezeichnet. Sie verdanken ihre Farbe dem hohen Gehalt an Magnesia und Eisen, das in ihnen neben Kali und Tonerde enthalten ist.

2. Der Biotit ist eines der verbreitetsten Silikate. Er tritt als wesentlicher **Gesteinsgemengteil** ebensowohl im Granit, Syenit, Diorit, Gabbro als im Gneis und manchen Glimmerschiefern auf. Aber er ist verhältnismäßig selten in den vulkanischen Gesteinen (Porphyr, Nephelinbasalt, vulkanische Bomben des Vesuv, der Eifel).

3. Gewöhnlich bildet der Biotit unregelmäßig begrenzte, schuppige Blättchen zwischen den übrigen Gemengteilen der genannten Gesteine. Nur die vulkanischen Gesteine enthalten scharf begrenzte tafelförmige Kristalle von fast regelmäßig sechseckigem Umriß.

4. Biotit kann auch durch Umwandlung aus Augit und Hornblende entstehen. Er verwittert aber selbst sehr leicht und bildet dann erdige rote, braune, grüne Verwitterungsprodukte.

2. Der Muskovit.

1. Am bekanntesten unter den Glimmern ist der in großen, durchsichtigen und elastischen Tafeln vorkommende **Muskovit.** Er hat seinen Namen nach dem Moskowiterreich, da die großen Tafeln, aus denen Ofenfenster, Lampenzylinder, Schutzbrillen usw. hergestellt werden, früher hauptsächlich aus dem Ural kamen (als „russisches Glas"). Jetzt ist Ostindien das wichtigste Produktionsland geworden; auch Brasilien, Nordamerika und Ostafrika liefern brauchbare Tafeln.

2. Der Muskovit ist an seiner hellen Farbe und dem silberähnlichen Perlmutterglanz leicht zu erkennen. Seine Spaltbarkeit und Elastizität wird von keinem andern Mineral erreicht. Er enthält neben Tonerde nur Kali, ist also als **Kaliglimmer** zu bezeichnen.

3. Als **Gesteinsgemengteil** ist der Muskovit ein Hauptbestandteil der Gneise, Glimmerschiefer und Urtonschiefer. In vielen Graniten tritt er gleichzeitig mit Biotit auf (Zweiglimmergranite). Besonders große, scharf begrenzte Kristalle (sechsseitige Tafeln, die in unzähligen Lamellen spalten) und große Platten beherbergen die auch sonst an schönen Mineralien reichen Pegmatitgänge. Niemals aber kommt Muskovit in vulkanischen Ergußgesteinen vor.

4. Im Gegensatz zum Biotit ist der Muskovit eines der widerstandsfähigsten Silikate. Er ist kaum der Verwitterung unterworfen; daher nehmen seine Schuppen wie die Quarzkörner immer wieder an der Zusammensetzung neuer Sedimente teil.

5. Muskovit bildet sich auch neu bei der Verwitterung der Feldspate und zahlreicher anderer Silikate (Granat- und Andalusitgruppe). Er ist als Träger des Kalis im Ackerboden neben dem Feldspat für die Vegetation von hoher Wichtigkeit.

Andere Glimmer. Neben den beiden Hauptarten des Glimmers sind noch die lithiumhaltigen Glimmer erwähnenswert, die der Bunsenflamme die schön rote Lithiumfärbung erteilen. Sie treten in Gesellschaft von Topas bald als Gemengteil von Graniten, bald in Pegmatiten und Zinnerzgängen auf. Aus einem Natronglimmer besteht der Disthen und Staurolith führende Glimmerschiefer der Alpen.

f) Die Gruppe der Feldspate und der Tone.

Die Feldspate sind die verbreitetsten und wichtigsten aller Silikate. Sie nehmen nicht nur an der Zusammensetzung fast aller kristallinen Gesteine wesentlichen Anteil und werden dadurch für die Baukunst wichtig, sondern liefern auch infolge ihrer Verbreitung die Hauptmasse des Tons und des Kalis im Ackerboden.

1. Der Orthoklas $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot Si_6O_{12}$.

A. Allgemeine Eigenschaften der Orthoklase.

1. Unter dem Namen **Orthoklas** werden alle **monoklin** kristallisierten Feldspate zusammengefaßt. Das Wort Orthoklas, d. h. rechtwinklig spaltbar, deutet an, daß diese Feldspate zwei aufeinander senkrechte Spaltrichtungen besitzen. Die eine läuft parallel der schiefen Endfläche der Kristalle, die andere parallel der Längsfläche (Symmetrieebene). Die natürlichen Kristallflächen und die Spaltflächen zeigen Glasglanz, Bruchflächen erscheinen mattglänzend. Das Mineral ist ziemlich spröde, die Härte = 6. Chemisch betrachtet ist der Orthoklas, wie die Formel $K_2O.Al_2O_3.Si_6O_{12}$ zeigt, ein reiner **Kalifeldspat.**

B. Besondere Ausbildungsweisen der Orthoklase.

Je nach der Art des Vorkommens zeigen die Orthoklase ganz verschiedene Ausbildungsweisen.

Der **Adular.** 1. Als Kluftmineral auf den Spalten der kristallinen Silikatgesteine, insbesondere der Alpengranite, ist der Orthoklas in prächtigen, vollkommen durchsichtigen und wasserhellen, oder weißen bis gelblichen durchscheinenden Kristallen entwickelt. Häufig sind einzelne Kristallflächen mit graugrünem Chloritstaub überzogen (Tafel IX, Fig. 5); wenn sie davon frei sind, zeigen sie verschieden starken Glasglanz. Diese Orthoklase werden als **Adular** bezeichnet, nach einer der bekanntesten Fundstätten, den Adula-Alpen.

2. Die Kristalle des Adulars unterscheiden sich in ihrem Aussehen wesentlich von den übrigen Orthoklasen. Stets ist das Prisma die herrschende Form. Verbindet es sich noch mit dem positiven, d. h. über dem spitzen Achsenwinkel liegenden Orthodoma (an der häufigen Querstreifung zu erkennen), so bekommen die Kristalle rhomboedrisches Aussehen. Sie können von den sehr ähnlichen Bitterspatkristallen leicht dadurch unterschieden werden, daß Spaltrisse nur in einer Richtung deutlich ausgebildet sind, die mit der Richtung der Domenfläche einen spitzen Winkel bildet (Abb. 203), während die rhomboedrische Spaltbarkeit nach drei Richtungen ganz gleich ist.

Tritt noch die schiefe Endfläche hinzu, die mit dem Doma annähernd gleich gegen das Prisma geneigt ist (Abb. 202), so erinnern die Kristalle an rhombische Kombinationen. Auch hier belehrt der der

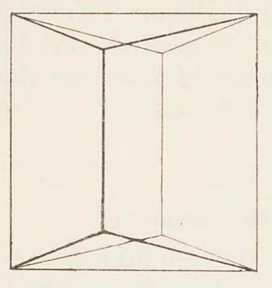


Abb. 202. Kristallform des **Adulars.** Vertikales Prisma mit schiefer Endfläche (vorn oben) und positivem Orthodoma (unten).

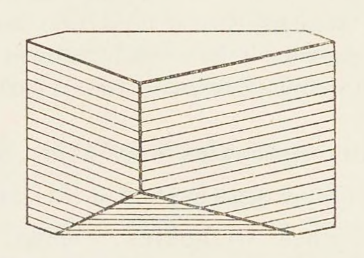


Abb. 203. Modell eines **Adularkristalls** mit Andeutung der Spaltrisse parallel der Endfläche; sie bewirken Streifung des Orthodomas.

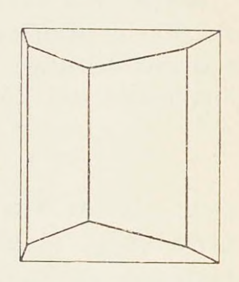


Abb. 204. **Adularkristall** mit Abstumpfung der spitzen Prismenkanten durch ein zweites Prisma.

Endfläche parallele Verlauf der Spaltrisse über die Zugehörigkeit zum monoklinen System (Abb. 203).

Werden die spitzen Prismenkanten (rechts und links) parallel der Symmetrieebene abgestumpft (Abb. 204), so beginnt die Annäherung der Kristallform an die des gemeinen Orthoklases.

3. Der **gemeine Orthoklas** umfaßt die in den Graniten, Syeniten, Gneisen und Porphyren auftretenden Abarten. Sie sind durchweg trübe, weiß, grau, gelblich, grünlich, fleischrot bis braunrot. In den Tiefengesteinen treten sie vorwiegend als unregelmäßige Körner, in den Porphyren als eingewachsene Kristalle auf. Neben den Körnern sind aber in den porphyrisch ausgebildeten Graniten auch große, ringsum ausgebildete Kristalle häufig.

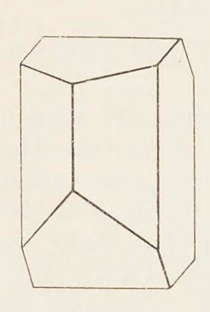


Abb. 205. Kristallform des **Orthoklases.** Entwicklung der Seitenflächen und des steileren Domas (unten).

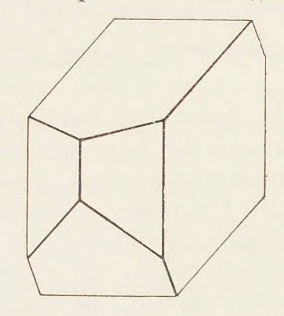


Abb. 206. Kristallform des **Orthoklases.** Kristall in der Richtung der schiefen Achse gestreckt, daher rechteckiger Querschnitt.

4. Die einfachen Kristalle erhalten ihre Form durch Vorherrschen der Seitenflächen gegenüber dem Prisma. Zugleich tritt ein steileres Doma an Stelle des am Adular vorhandenen (Abb. 205). Die Kristalle können dabei nach der aufrechten Achse gestreckt sein (mit

sechsseitigen Querschnitten), oder nach der schiefen Achse (mit rechteckigen Querschnitten), oder sie werden tafelförmig durch Entwicklung in beiden Richtungen. Diese einfachen Formen treten besonders an den aufgewachsenen Kristallen des **Mikroklins** auf, der in einer schön grün gefärbten Abart als Amazonenstein bezeichnet wird (Tafel IX, Fig. 6).

5. Eingewachsene Kristalle sind fast stets **Zwillinge**, und zwar verwachsen die Kristalle so, als ob von zwei genau parallel gerichteten Individuen das eine um die aufrechte Achse gedreht und in das andere hineingeschoben wäre. Man nennt derartige Verwachsungen nach ihrem Auftreten im Karlsbader Granit, wo sie zuerst erkannt wurden, Karlsbader Zwillinge. Sie sind aber auch in den Graniten anderer Herkunft gemein und in Spaltstücken an der doppelten Spiegelung der Spaltflächen zu erkennen. — Nach einem andern Gesetz findet man häufig aufgewachsene Orthoklase zu säulenförmigen Zwillingen von quadratischem Querschnitt mit schief abgestutzten Enden verwachsen. Sie heißen nach dem bekanntesten Fundort, Baveno am Lago Maggiore, Bavenoer Zwillinge.

6. In glasartig durchsichtigen, rissigen, meistens dünn tafelförmig ausgebildeten Kristallen erscheint der Orthoklas in jungen vulkanischen Gesteinen (Trachyt, Phonolith). Sie haben den Namen **Sanidin** (von griech. sanís, Tafel) erhalten und bilden ebenfalls Zwillinge nach dem Karlsbader Gesetz.

2. Die Plagioklase.

1. Als **Plagioklase**, d. h. schief spaltbare Feldspate bezeichnet man die **triklinen**, im übrigen den monoklinen hinsichtlich der Kristallformen sehr ähnliche Feldspate. Man erkennt in Abbildung 207 leicht wieder die entsprechenden Formen des Orthoklases, aber auch rechts unten am Kristall eine unsymmetrische Fläche, die für diese triklinen Kristalle kennzeichnend ist.

2. Chemisch sind die Plagioklase Mischungen des Natronfeldspats **Albit** $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ mit dem Kalkfeldspat **Anorthit** $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2\,SiO_2$; die natronreicheren Plagioklase heißen Oligoklas, die kalkreicheren Labrador.

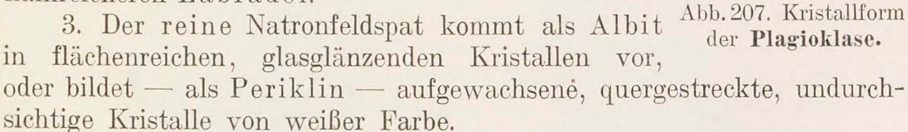


Abb. 207. Kristallform der **Plagioklase.**

3. Der reine Natronfeldspat kommt als Albit in flächenreichen, glasglänzenden Kristallen vor, oder bildet — als Periklin — aufgewachsene, quergestreckte, undurchsichtige Kristalle von weißer Farbe.

4. Der **Oligoklas** tritt untergeordnet schon im Granit und Syenit, besonders aber im Diorit und den entsprechenden vulkanischen Gesteinen als wesentlicher Gemengteil auf.

5. Der **Labrador** ist ein Hauptgemengteil der Gabbrogesteine. Mancher Labrador ist berühmt durch das herrliche blaue Farbenspiel seiner Kristalle; Labradorgesteine der St. Paulsinsel (Labrador), Schwedens und Finnlands finden in Form polierter Tafeln, Säulen usw. bei Prunkbauten ausgedehnte Verwendung.

3. Der Ton (Kaolin).

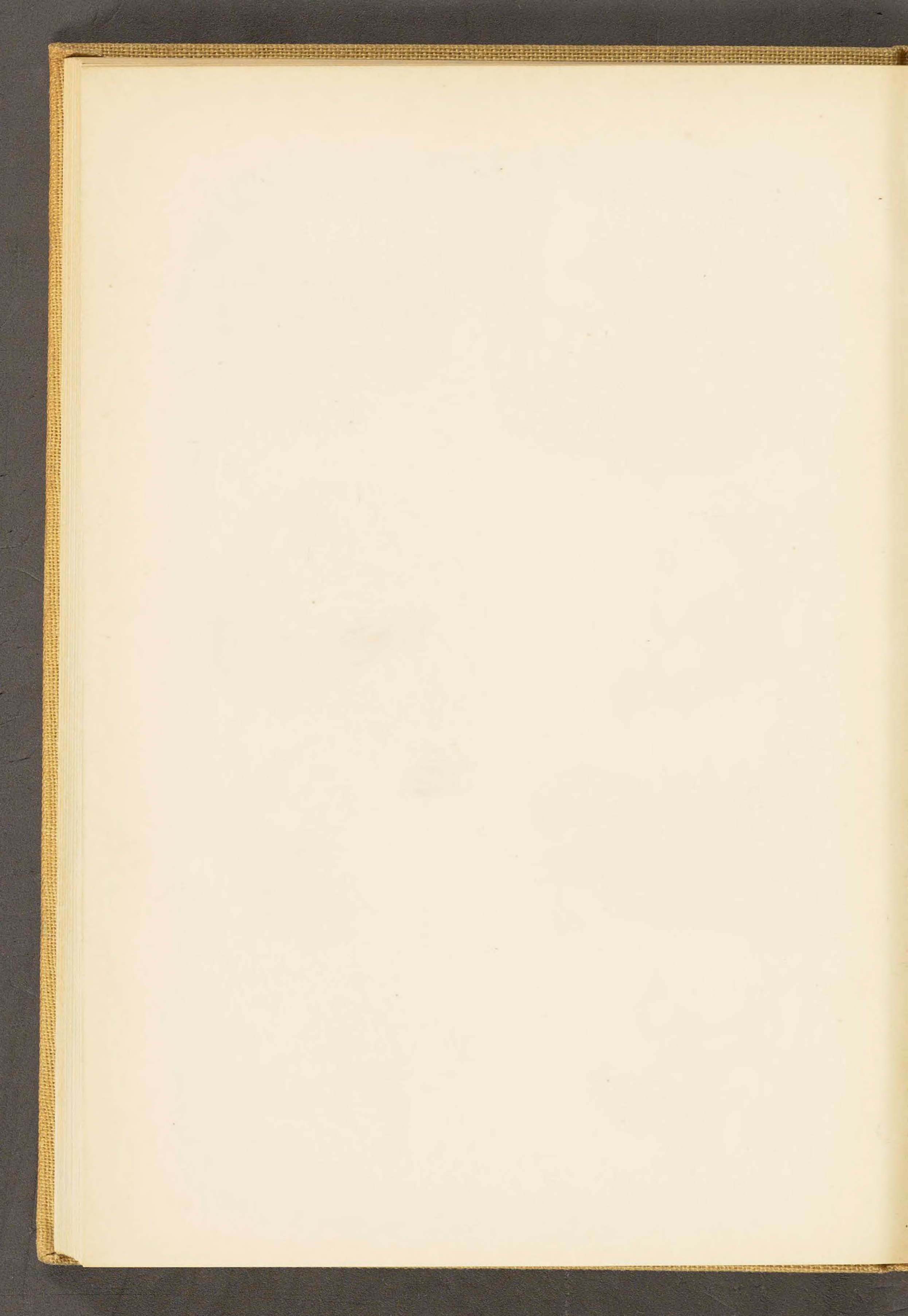
1. Wie die magnesia- und eisenreichen Silikate sich zu Chlorit, Talk und Serpentin umsetzen, so werden die Feldspate und die ihnen nahestehenden Mineralien durch Verwitterungsprozesse in den meisten Fällen in **Ton** umgewandelt. Man kann die stufenweise Umwandlung des frischen Feldspats in die kreideartig weiche, weiße Tonsubstanz am Granit und andern Gesteinen häufig beobachten. Solche feldspatreiche Gesteine stellen dann, wenn sie verwittert sind, ein Gemenge der widerstandsfähigeren Mineralien, besonders der Quarzkörner und Muskovitblättchen, mit einer durch Eisen verunreinigten Tonmasse dar. Durch den natürlichen Schlämmprozeß gelangen die losen Erdmassen in die Bäche und Flüsse, oder der Staub wird vom Wind weitergetragen. Es entstehen in den Seen und an den Küsten ausgedehnte, mächtige Tonablagerungen, und aus ihnen gehen mit der Zeit durch Druck Schiefer tone und Tonschiefer hervor. Doch dies sind Vorgänge, die genauer zu verfolgen Aufgabe der Gesteinskunde ist.

2. Ganz reiner Ton von weißer Farbe, wie er gelegentlich bei Zersetzung von Granit und Porphyr an Ort und Stelle sich ansammelt, wird **Kaolin** genannt; eine Bezeichnung, die aus China stammt, wo die Porzellanerde diesen Namen führt. Gewöhnlich sind die Tone hellgrau oder durch organische Substanz dunkler grau, durch Eisengehalt gelblich und braun gefärbt. Ihre vielseitige Anwendung zur Herstellung von Bausteinen, Ziegeln und Töpferwaren der verschiedensten Art ist allgemein bekannt. Kalkreiche Tone heißen Mergel.

Tafel IX. Silikate II.

1. **Basaltischer Augit** von Bilin (Böhmen).
2. **Talk** auf Chloritschiefer von Pfitsch (Tirol).
   Die schwarzen Körner sind Magneteisen.
3. **Chlorit** (Klinochlor) von Westchester (Pennsylvanien).
4. **Chrysotil** (Serpentinasbest) von Quebec (Canada).
5. **Adular** vom St. Gotthard. Mit Chloritstaub überzogen.
6. **Amazonenstein** von Pikes Peak (Colorado).
7. **Analcim** vom Fassatal (Tirol).
   Ikositetraeder; in Hohlräumen von Melaphyr.
8. **Natrolith** vom Hohentwiel (Hegau).
   Radialfaserig, Spalten im Phonolith ausfüllend.


2
3
5
6
4
1
8
7



g) Die Gruppe des Nephelins.

Als Alkalisilikate sind die Nephelinmineralien den Feldspaten verwandt. Sie treten wie diese als Gesteinsgemengteile auf.

1. Der Nephelin $NaAlSiO_4$.

Der **Nephelin** tritt sowohl in Tiefengesteinen, den sogenannten Nephelinsyeniten, als auch besonders verbreitet in vulkanischen Gesteinen als wichtiger Gemengteil auf. Zuerst wurde er in den vulkanischen Gesteinen des Katzenbuckels im Odenwald entdeckt, wo er in gewissen Gesteinsvarietäten bis zentimetergroße, hexagonale graue Prismen bildet, die je nach der Richtung des Bruchs rechteckige oder sechseckige Querschnitte zeigen. Später wurde seine weite Verbreitung in Phonolithen und Basalten erkannt, und man stellte auch fest, daß ein fettglänzend trübes, grünlichgelbes Mineral in manchen Syeniten, das man früher als Elaeolith, d. h. Ölstein, bezeichnet hatte, nichts anderes als Nephelin ist.

2. Der Leucit $KAlSi_2O_6$.

Der **Leucit** bildet, wie sein Name andeutet (griech. leukós, weiß), weißlichgraue Kristalle, und zwar stets Ikositetraeder. Sie treten in mikroskopischer Kleinheit, aber auch bis zu Erbsen- und Kirschgröße in vulkanischen Gesteinen auf. Besonders bekannt sind die Leucite der Vesuvlaven, aber auch am Kaiserstuhl kommen leucitführende Laven vor. Die Kristallform des Ikositetraeders ist für den Leucit so charakteristisch, daß man es auch Leucitoeder genannt hat. Merkwürdigerweise stimmt aber das Verhalten des Minerals zum Licht mit der regulären Kristallform erst dann überein, wenn es auf 540° erhitzt worden ist.

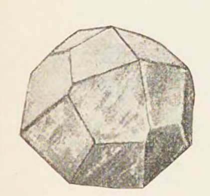


Abb. 208. **Leucit** vom Vesuv.

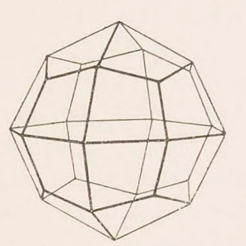


Abb. 209. Kristallform des **Leucits.**

3. Der Hauyn.

1. Dem Nephelin und Leucit schießen sich durch ihre chemische Zusammensetzung (Natron-Tonerdesilikate) und natürliches Vorkommen Mineralien an, die durch ihren Schwefelgehalt, der an das Natrium gebunden ist, eine ganz eigenartige Gruppe unter den Silikaten bilden.

Sie können ihrer Farben wegen als natürliche Ultramarinverbindungen bezeichnet werden.

2. Das künstliche Ultramarin wird durch Erhitzen von Kaolin mit schwefelsaurem Natrium und Kohle zunächst als grüne Masse erhalten. Sie wird blau, indem man sie unter Luftzutritt mit Schwefel erhitzt, so daß dieser zu schwefliger Säure verbrennt. Auch durch Überleitung von Chlorgas entsteht Blaufärbung.

3. Diesen technischen Produkten entsprechen nach Farbe und Zusammensetzung der chlorhaltige, blaue oder grünliche **Sodalith,** ein Gemenge alkalireicher Silikatgesteine, der besonders im Nephelinsyenit auftritt, dann der schön blaue **Hauyn,** der in den grauen porösen Laven von Niedermendig und am Laacher See in der Eifel überaus verbreitet ist und gelegentlich nußgroße Einschlüsse bildet, endlich die farblosen, als Nosean bezeichneten Hauyne vieler anderen Ergußgesteine, die durch Glühen in Schwefeldampf oft ebenfalls die blaue Farbe erhalten.

4. Der Lasurstein.

1. Als Edelstein besonders im Orient hochgeschätzt ist der tiefblaue **Lasurstein** oder Lapis Lazuli (von pers. lâzward, blau). Er ist jene Ultramarinverbindung, die als kostbare blaue Farbe benützt wurde, bevor man sie künstlich im Großen darzustellen gelernt hatte. Kristalle (Rhombendodekaeder) sind äußerst selten, gewöhnlich tritt das Mineral in Körnern auf, die mit Schwefelkies, Brauneisen und Kalk vermengt sind. Diese Mineralgesellschaft weist deutlich auf die Art seiner Entstehung hin: der Lasurstein ist ein Kontaktmineral, das aus einem natron- und tonerdehaltigen Kalk durch Einwirkung von Schwefel- und Wasserdämpfen hervorgegangen ist.

2. Zu Schmucksachen eignen sich nur die reineren Vorkommen. Sie werden fast ausschließlich aus Badakschan in Afghanistan und von der Gegend des Baikalsees über Persien und Rußland in den Handel gebracht.

h) Die Gruppe der Zeolithe.

1. In vulkanischen Gesteinen, gelegentlich auch auf Erzgängen, treten wasserhaltige Silikatmineralien auf, die bei aller Verschiedenheit der Kristallformen nach Entstehung, chemischem Bau und physikalischen Eigenschaften eine natürliche Gruppe bilden. Sie führen den Namen **Zeolithe,** d. h. Siedesteine, weil das in diesen Mineralien enthaltene Wasser, wenn man sie erhitzt, unter Aufschäumen ganz oder teilweise ausgetrieben werden kann.

2. **Entstehung.** Die Zeolithe sind entweder Drusenmineralien in Blasenräumen verwitterter vulkanischer Gesteine, oder sekundäre

Ausfüllungen von Spalten, oder auch Gangmineralien: sie sind also durch die Einwirkung von heißen Quellen oder Wasserdämpfen auf die Silikate der vulkanischen Gesteine entstanden.

3. Chemisch stellen die Zeolithe wasserhaltige Tonerdesilikate des Natriums und Calciums, seltener des Bariums (niemals des Kaliums und Magnesiums) dar. Sie sind alle durch Salzsäure unter Bildung von gallertartiger Kieselsäure zersetzbar. — Aus ihrer Zusammensetzung folgt von selbst, daß sie farblose Mineralien sind und ein geringes spezifisches Gewicht (etwas über 2) besitzen. Auch die Härte ist gering.

1. Der Analcim.

Der **Analcim** ist ein Natronzeolith. Er bildet gewöhnlich Ikositetraeder von Erbsen- bis Faustgröße, von weißer oder rötlichweißer Farbe. So sind sie besonders aus den Melaphyren des Fassatals bekannt (Tafel IX, Fig. 7). Wasserhelle, farblose Kristalle, die die Kombination Würfel und Ikositetraeder zeigen, kommen von den Cyklopeninseln bei Vicenza (Abb. 210). Sehr häufig verwandelt sich der Leucit durch Austausch des Kali gegen Natron in Analcim.

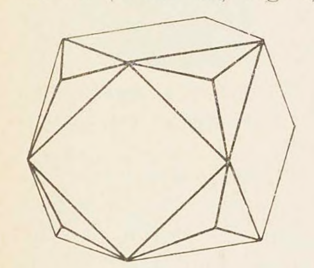


Abb. 210. Kristallform des **Analcims.**

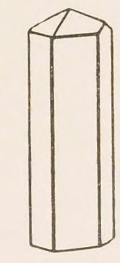


Abb. 211. Kristallform des **Natroliths.**

2. Der Natrolith.

Der **Natrolith** ist der verbreitetste Natronzeolith. Er bildet entweder Drusen von farblosen oder weißen, rhombisch prismatischen Kristallen (Abb. 211) mit einem Prisma von nahezu quadratischem Querschnitt, oder strahligfaserige, weiße bis gelbrote Spaltenausfüllungen. Schöne Drusen kommen von Aussig in Böhmen, von den Far-Öer, von Brevig in Norwegen; am bekanntesten ist der gelbe Natrolith aus dem Phonolith des Hohentwiel (Tafel IX, Fig. 9).

3. Andere Zeolithe.

1. Unter den Kalkzeolithen ist zunächst der **Chabasit** als häufigste Art zu erwähnen. Er bildet glasglänzende Rhomboeder, farblos oder weiß, grau, rötlich gefärbt. Man trifft ihn häufig in den Mandeln der Basalte und Melaphyre, auch im Phonolith. Selbst in Drusenräumen des Granits und auf Erzgängen wird er gefunden.

2. Ein anderer, durch seine garbenförmigen Kristallbüschel ausgezeichneter Zeolith, weit verbreitet in Basalten und andern Eruptivgesteinen, ist der **Desmin.** Ihm steht der nach der Längsfläche

spaltbare, monokline **Stilbit** nahe, der an denselben Orten vorkommt; er wird als **Heulandit** bezeichnet, wenn er durch Eisenglimmer ziegelrot gefärbt ist (Fassatal).

4. Der Apophyllit.

An die eigentlichen Zeolithe schließt sich der tonerdefreie **Apophyllit** an. Das Mineral ist ein wasserhaltiges Kalksilikat von ausgezeichnet quadratischer Kristallform. Am häufigsten sieht man eine Pyramide in Kombination mit dem Prisma zweiter Stellung (Abb. 212 und 214) und einem achtseitigen Prisma (Abb. 213). Die glasglänzenden, wasserhellen oder rosenroten Kristalle aus den Erzgängen von Andreasberg, Mexiko, die Drusen von Aussig, Island usw. sind bekannte Vorkommen. Würfelähnliche Kristalle entstehen durch Kombination des Prismas mit der Basis, wobei die Ecken durch die Pyramide abgestumpft sein können, tafelartige durch Vorherrschen der Basis. Seiner ausgezeichneten Spaltbarkeit nach der Basis verdankt das Mineral den Namen (Apophyllit von griech. apophyllein, abblättern); an ihrem Perlmutterglanz ist die Basis leicht von den Prismenflächen zu unterscheiden.

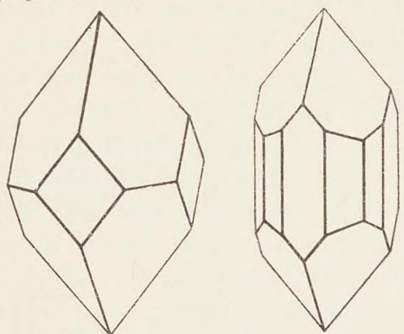


Abb. 212, 213. Kristallformen des **Apophyllits**.



Abb. 214. **Apophyllit** von Andreasberg (Harz).

Schlußbetrachtungen.

1. Gesetzmäßigkeiten im Auftreten der Mineralien.

Indem wir auf den durchmessenen Weg zurückblicken, erkennen wir auch in der Welt der Mineralien das Walten allgemeiner Gesetze. Wie der Botaniker das Pflanzenkleid auf der Erde studiert und in den natürlichen Pflanzengemeinschaften den Ausdruck gemeinsamer Lebensbedürfnisse erkennt, so dringt der Blick des Mineralogen in die Tiefe und sieht in der Verteilung der Mineralien und Gesteine, in ihrem Werden und Vergehen gewissermaßen die Lebensäußerungen der Erde selber. Wie der Pflanzenfreund weiß, welche Arten er an bestimmten Standorten erwarten kann, und welche er nicht finden wird,

so weiß der mit den geologischen Gesetzmäßigkeiten vertraute Mineraloge, welche Mineralien er an bestimmten Örtlichkeiten vorzufinden hoffen darf.

Ein ewiger Kampf herrscht zwischen den Kräften der Tiefe und den Kräften der Oberfläche. Die schmelzflüssigen Silikatmassen der tieferen Zone der Erdrinde erstarren unter hohem Druck langsam zu vollkristallinen Gesteinen, andere dringen in Spalten und Kanäle bereits vorhandener Gesteine ein oder gelangen in leichtflüssigem Zustand an die Oberfläche, um dort als „Ergußgesteine“ zu erstarren. Gasausströmungen aller Art, vor allem Wasserdämpfe, Kohlendioxyd, Schwefel-, Chlor-, Fluorverbindungen treten auf, suchen sich auf den Haarspalten und Klüften der Gesteine einen Ausweg, bewirken die ersten Zersetzungen und Neubildungen, heiße Quellen zirkulieren in der Tiefe, beladen sich mit gelösten Stoffen und erfüllen die Gangspalten mit jener Menge von Sulfiden, Oxyden, Karbonaten, Sulfaten und andern Mineralien, die wir als „Gangmineralien“ kennen gelernt haben.

Von außen aber lockern die atmosphärischen Einflüsse, Hitze und Kälte, Sturm und Regen langsam aber unwiderstehlich das Gefüge der Gesteine. Das System der Wasserläufe führt die gelösten Stoffe mit Schlamm und Sand dem Meere oder abflußlosen Tiefengebieten zu und gibt zu neuen, in Schichten abgelagerten Gesteinen Anlaß. Nicht anders wirken die Winde, die in Erdstrichen mit Steppen- und Wüstenklima Sand und Staub aufwirbeln und weite Strecken in gemiedene Einöden verwandeln. Wir sehen, wie sich hier Kalk- und Tongesteine absetzen oder Gips- und Salzlager bilden, dort mächtige Schichtenfolgen von Sanden und Konglomeraten anhäufen. Auslaugung und Zersetzung, chemische Umwandlung und Abscheidung von Neubildungen findet in gleicher Weise auch bei diesen Gesteinen statt und führt zu lagerartig ausgedehnten, oder auf Spalten und Klüften zu stock- und gangförmigen Mineralaggregaten. Das organische Leben wirkt ein und bringt noch mehr Wechsel in dieses bunte Bild. Gesteine aber, die heute die Oberfläche bilden, können plötzlich oder im Laufe geologischer Epochen in die Tiefe sinken und kommen aufs Neue unter den Einfluß jener mineralbildenden Kräfte des Erdinnern. Sie bilden sich unter dem ungeheuren Druck langsam wieder zu kristallinen Schiefern und Kalken um oder werden zu Gesteinen umgeprägt, die nach Mineralbestand und Struktur an die ursprünglichen Tiefengesteine erinnern, aus denen alle Oberflächengesteine in letzter Linie hervorgegangen sind — ein gigantischer Kreislauf, bei dem freilich Millionen Jahre wie ein Tag sind.

In einem untergeordneten Punkte läßt sich der Vergleich der Mineralgesellschaften mit den Pflanzengenossenschaften allerdings nicht durchführen: es besteht für die Mehrzahl der Mineralien keine Abhängigkeit

vom Klima. Tiefen- und Ergußgesteine, kristalline Schiefer, Erz- und Mineralgänge können sich allenthalben auf der Erde bilden, Basalte gibt es in Indien wie auf Island, Gold in Brasilien wie auf Alaska. Nur wo es sich um Vorgänge an der äußersten Gesteinsoberfläche, also um Verwitterungs- und Verdunstungsprozesse handelt, oder wo Mineralbildungen unter Mitwirkung von Organismen stattfinden, da spielt auch das Klima wesentlich mit, dessen Einfluß sonst schon in geringer Tiefe unter dem Boden aufhört.

Kenntnis des geologischen Aufbaus einer Gegend ist also das erste Erfordernis für den Sammler; wer sorgfältig die vorhandenen Aufschlüsse besonders der Steinbrüche durchsucht, wird durch reiche Ausbeute belohnt werden. Aus Bergwerken schöne Stufen zu erhalten, wird sich seltener Gelegenheit bieten, aber hier kann Austausch gegen andere Mineralien leicht ergänzend eintreten.

2. Bildung der Kristalle.

Neben der Gesetzmäßigkeit im Auftreten der Mineralien und der geologischen Bedingtheit ihres Entstehens und Vergehens drängt sich nichts so sehr der Betrachtung auf als die Gesetzmäßigkeit ihrer **Formen.** So entspricht es nur der Bedeutung der Kristallformen für das Erkennen der Mineralien, wenn wir am Schlusse unseres Weges uns Rechenschaft zu geben suchen über die inneren Kräfte, welche die Bildung der Kristalle beherrschen, und über die äußeren Bedingungen, die dem Zustandekommen wohlbegrenzter Kristalle förderlich sind.

1. Beobachten wir die Entstehung von Kristallen aus wässerigen Lösungen, so erkennen wir leicht eine der wesentlichsten äußeren Bedingungen für die Ausbildung schöner und großer Kristalle darin, daß hinreichend große Mengen des gelösten Körpers vorhanden sind, daß der Vorgang der Kristallisation nicht durch Bewegungen des Wassers gestört wird, und daß die Verdunstung des Lösungsmittels möglichst langsam erfolgt. Dies zeigt nicht nur das Experiment mit leichtlöslichen Salzen, die wir aus Lösungen kristallisieren lassen, sondern die einfachste Überlegung. Auch für die Kristallbildung aus dem Schmelzfluß ist ohne weiteres einzusehen, daß die Vollkommenheit und Größe der Kristalle abhängig ist von der relativen Menge der Substanz, von der Leichtflüssigkeit der Schmelze und von der Zeit, die für den Vorgang zu Gebote steht; nicht anders verhält es sich mit Kristallbildungen, die in einem nachgiebigen Mittel, etwa in plastischem Ton, vor sich gehen, oder die auf Sublimation beruhen. Dabei versteht sich von selbst, daß wohlbegrenzte Formen nur dann erhalten bleiben, wenn in wässerigen Lösungen, also z. B. auf Gangspalten, in Blasenräumen usw., der Prozeß unterbrochen wird, ehe die freien Räume ganz mit dem

Mineral angefüllt sind, oder der Schmelzfluß erstarrt, bevor die ganze Masse kristallisiert ist. In den Schmelzflüssen, die zu kristallinen Gesteinen erstarren, sind es die ältesten Ausscheidungen, die die schönsten Kristalle liefern, da die späteren sich gegenseitig in der Entwicklung hemmen; bei Mineralien, die wie in Erzgängen usw. aus wässerigen Lösungen abgeschieden sind, haben naturgemäß die jüngsten, zuletzt an den Wänden abgesetzten Gebilde die vollkommensten Formen.

2. Von den Versuchen im Laboratorium unterscheiden sich aber die in der Natur verlaufenden chemischen Prozesse vor allem in dreierlei Hinsicht: Einmal in der Unbegrenztheit der Zeit, die dafür zur Verfügung steht, so daß sich die vorhin erwähnten Vorgänge der Auslaugung und Neubildung, auch wenn sie für uns fast unmerklich sind, im Laufe der Jahrtausende zu gewaltigen Wirkungen steigern können. Dann in ähnlicher Weise durch die großen Mengen der aufeinander einwirkenden Stoffe, insbesondere durch die Allgegenwart des wichtigsten Lösungsmittels, des Wassers, dem fast kein Mineral zu widerstehen vermag, so daß auch Stoffe, die der Chemiker als „unlöslich“ bezeichnet, in den großen Kreislauf eingehen und gerade jene widerstandsfähigeren Mineralien erzeugen, deren Kristalle wir in den Erz- und Mineralgängen, Klüften und Drusenräumen bewundern. Endlich dadurch, daß in der Natur außerordentlich hohe Druck- und Wärmegrade auftreten, deren Erzeugung im Laboratorium wohl für immer unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstehen.

3. Weit schwieriger ist die Frage nach den inneren Kräften zu beantworten, die den Übergang aus dem gasförmigen oder flüssigen in den festen Zustand beherrschen. Denn wenn auch leicht einzusehen ist, daß die kleinsten Teile einer bestimmten chemischen Verbindung, also die sogenannten Moleküle des Minerals eine Anziehung aufeinander ausüben, die sie zwingt, sich in geradlinigen Reihen anzuordnen, aus denen dann im Raum die von Ebenen begrenzten Kristalle hervorgehen, so ist doch unmöglich zu sagen, warum nun das eine Mineral Kristalle von regulärer, das andere von rhombischer oder monokliner Symmetrie bildet. Die einzige erfahrungsmäßig festgestellte, aber auch theoretisch einleuchtende Regel ist das **Isomorphiegesetz,** wonach chemische Verbindungen von gleichartigem Bau auch Kristalle von gleichen oder sehr ähnlichen Formen bilden. Um die Bedeutung dieses Gesetzes noch einmal recht deutlich zu machen, sind die beschriebenen Mineralien auf der folgenden Seite nochmals nach den Kristallsystemen unter Hervorhebung der isomorphen Gruppen (*) zusammengestellt. In Klammern gesetzt sind diejenigen Mineralien, die einer niedrigeren Symmetriegruppe innerhalb des betreffenden Kristallsystems angehören, ohne daß bei der Beschreibung der Formen in diesem Leitfaden Rücksicht darauf genommen werden konnte.

3. Übersicht der Mineralien nach den Kristallsystemen.

I. Reguläres System.

1. Vollflächige Abteilung: (Diamant). Gold, Silber, Kupfer, Platin, Amalgam. — *Bleiglanz, Silberglanz. — Salmiak, Steinsalz, (Sylvin); Flußspat. — (Rotkupfererz); *Spinellgruppe: Magneteisen, Spinell usw. — (*Alaungruppe). — *Granatgruppe; Leucit, Hauyn, Lasurstein; Analcim.

2. Geneigtflächige Hemiedrie: Zinkblende. *Fahlerzgruppe.

3. Parallelflächige Hemiedrie: *Pyritgruppe: Pyrit, Glanzkobalt, Speiskobalt usw. — *Alaungruppe.

II. Quadratisches System.

1. Vollflächige Abteilung: *Rutilgruppe: Zinnstein, Zirkon, Rutil; Anatas. — (Wulfenit). — Vesuvian. Apophyllit.

2. Geneigtflächige Hemiedrie: Kupferkies.

III. Hexagonales System.

1. Vollflächige Abteilung: Beryll und Smaragd. — (Nephelin).

2. Rhomboedrische Hemiedrie: *Arsen, Antimon, Wismut. — *Korund und Eisenglanz. — Natronsalpeter. — *Kalkspatreihe: Kalkspat, Bitterspat, Eisenspat usw. — Chabasit.

3. Pyramidale Hemiedrie: *Apatitgruppe. — Nephelin.

4. Viertelsflächig: Zinnober. — Quarz.

5. Hemimorph: *Rotgültigerze. — *Turmalingruppe.

IV. Rhombisches System.

1. Vollflächige Abteilung: (Schwefel). — *Auripigment, Grauspießglanz; Kupferglanz. — *Markasit, Arsenkies. — *Aragonitreihe. — *Barytreihe; Anhydrit. — Andalusit. Topas. Staurolith. *Olivingruppe. *Rhombische Augite und Hornblenden. Natrolith.

2. Geneigtflächige Hemiedrie: Schwefel. — Bittersalz.

V. Monoklines System.

Realgar. — Kryolith, Kainit. — Soda; Malachit, Kupferlasur. — Glaubersalz. Gips. — Epidot; *Glimmergruppe; *Chloritgruppe; *Monokline Augite: Wollastonit, Diopsid usw. *Monokline Hornblenden: Aktinolith usw. Orthoklas. Stilbit.

VI. Triklines System.

Kupfervitriol. — Disthen. Trikline Augite und Hornblenden. *Plagioklasreihe: Albit, Oligoklas, Labrador, Anorthit.

4. Über das Messen der Kristalle.

1. Ist durch die voranstehende Zusammenfassung der Mineralien nach Kristallsystemen, d. h. nach den die Kristalle beherrschenden Symmetriegesetzen die Unerläßlichkeit des Studiums der Kristallformen erwiesen, so wird auch einleuchten, daß der in diesem Leitfaden durchgeführten rein geometrischen Betrachtung der Kristalle, die sich auf die Beschreibung und Unterscheidung der typischen Formen beschränkt, eine höhere Stufe der mathematischen Behandlung folgen muß, in der die exakte Messung, Berechnung und Zeichnung der Kristalle stattfindet. Wie die Physik ihre erstaunlichen Erfolge erst von der Zeit an datiert, wo exaktes Messen und mathematische Beweisführung an die Stelle oberflächlicher Beobachtungen traten, so hat die Kristallbeschreibung erst durch Einführung wirklicher Messungen und mathematischer Behandlung zur Aufstellung allgemeingültiger Gesetze im Reich der Kristalle geführt.

2. Exakte Kristallmessungen werden heute mit komplizierten großen Apparaten ausgeführt, deren Beschreibung weit über die Aufgabe dieses Büchleins hinausführen würde. Das erste Instrument, mit welchem Kristalle systematisch gemessen wurden — es wurde 1783 von Carangeot für den Mineralogen Romé de l'Isle hergestellt und von Hauy, dem Begründer der Kristallographie, zu seinen Messungen benützt — war ein sogenanntes **Anlegegoniometer** (Abb. 215). Es wird auch heute noch zu Übungszwecken oder zur raschen Orientierung benützt und gibt die Winkel auf etwa $^1/_2{}^0$ genau. Es besteht aus zwei Teilen, einem Halbkreis mit Winkelteilung und einer Art Schere, deren Schenkel drehbar sind und zugleich auch gegeneinander verschoben (verkürzt und verlängert) werden können. Setzt man die Schere senkrecht über die Kante zweier Kristallflächen, so daß die Schneiden die Flächen berühren, so hat man den Winkel der beiden Flächen. Um ihn in Graden zu messen, sichert man die Stellung der Schere durch Festschrauben, legt sie dann, wie die Abbildung zeigt, auf den Winkelmesser und liest die Zahl (48 ^{0}) an der Einteilung ab. Aus der Messung einer genügenden Anzahl von Winkeln lassen sich dann auf rechnerischem Wege alle Größen finden, die zur Bestimmung der Flächenlage, der Achsenverhältnisse und anderer Beziehungen sowie zur Zeichnung des Kristalls bekannt sein müssen.

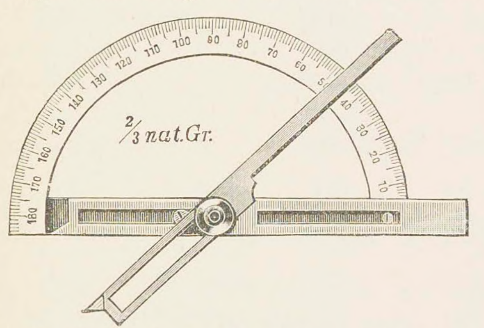


Abb. 215. **Anlegegoniometer** nach Carangeot (Steeg & Reuter, Homburg).

Tabellen der spezifischen Gewichte.

I. Gasförmige Elemente und Verbindungen.

Luft von 0° C und 760 mm Druck = 1.

Wasserstoff H	0,069	Schwefelwasserstoff SH_2	1,778
Ammoniak NH_3	0,589	Kohlendioxyd CO_2	1,524
Stickstoff N	0,971	Schwefeldioxyd SO_2	2,24
Sauerstoff O	1,106	Chlor Cl	2,45

II. Flüssige und feste Elemente.

Destilliertes Wasser von 4° C = 1.

a) Spezifische Gewichte der Nichtmetalle.

Phosphor P	1,8	Silicium Si	2,5	Diamant C	3,5
Schwefel S	2	Bor B	2,7	Jod J	5
Graphit C	2,25	Brom Br	3,2		

b) Spezifische Gewichte der Metalle.

Lithium Li	0,59	Arsen As	5,7	Kupfer Cu	8,5—9
Kalium K	0,86	Antimon Sb	6,7	Wismut Bi	9,4
Natrium Na	0,97	Chrom	6,8	Silber Ag	10,5
Calcium Ca	1,55	Zink Zn	7,2	Blei Pb	11,3
Magnesium Mg	1,75	Zinn Sn	7,3	Quecksilber Hg	13,6
Aluminium Al	2,67	Eisen Fe	7,8	Gold Au	15—19
Barium Ba	3,75	Nickel Ni (u. Co)	9	Platin Pl	14—21

III. Mineralien aus den Klassen der Sulfide, Oxyde, Haloidsalze und Sauerstoffsalze.

a) Spezifische Gewichte der Sulfide.

Realgar	3,5	Markasit	4,7	Speiskobalt	6,5
Auripigment	3,5	Pyrit	5	Arseneisen	7,2
Zinkblende	4	Buntkupferkies	5	Silberglanz	7,3
Kupferkies	4,2	Kupferglanz	5,6	Bleiglanz	7,4
Fahlerze	4,4—5,4	Rotgültigerze	5,6—5,8	Rotnickelkies	7,5
Magnetkies	4,5	Glanzkobalt	6	Zinnober	8
Antimonglanz	4,7	Arsenkies	6,2		

b) Spezifische Gewichte der Oxyde.

Eis	0,971	Spinell	3,5	Manganerze	4,2—4,9
Sassolin	1,4	Brauneisen	3,4—3,9	Magneteisen	5
Opal	2,2	Korund	4	Roteisen	4,9—5,2
Chalcedon	2,63	Rutil	4,2	Rotkupfererz	5,8
Quarz	2,65	Zirkon	4,7	Zinnstein	7

c) Spezifische Gewichte der Haloidsalze.

Salmiak	1,5	Steinsalz	2,2	Flußspat	3,2
Carnallit	1,6	Kryolith	3	Hornsilber	5,6

d) Spezifische Gewichte der Sauerstoffsalze.

Natronsalpeter	2,1	Gips	2,3	Plagioklase	2,6—2,75
Kalkspat	2,7	Anhydrit	3	Muskovit	2,9
Aragonit	2,95	Coelestin	4	Biotit	3
Dolomit	2,9	Baryt	4,5	Andalusit	3,1
Magnesit	3	Anglesit	6,2	Turmalin	2,9—3,2
Eisenspat	3,8	Apatit	3,2	Augit	2,9—3,4
Kupferlasur	3,8	Pyromorphit	7	Hornblende	3—3,4
Malachit	4	Zeolithe	2,2—2,4	Topas	3,5
Zinkspat	4,1—4,5	Leucit	2,45	Disthen	3,6
Weißbleierz	6,5	Orthoklas	2,56	Granat	3,5—3,9

Tabelle einiger Brechungsexponenten.

Starke Lichtbrechung tritt bei vielen Kristallen auf und ist die Ursache des Diamantglanzes oder bei dunkler Färbung des Metallglanzes der Mineralien.

Wasser	1,33	Topas	1,61	Zinkblende	2,37
Flußspat	1,44	Augit	1,70	Diamant	2,41—2,46
Kalkspat	1,48—1,65	Granat	1,74	Muskovit	2,58
Steinsalz	1,54	Korund	1,76	Rotkupfererz	2,85
Quarz	1,55	Zirkon	1,94	Rotgültigerz	2,9—3,1
Feldspat	1,52—1,58	Pyromorphit	2,1	Zinnober	2,8—3,2

Sachregister.

